

令和6年度  
統合研究拠点利用状況報告書

目次

・ 統合バイオフィアウンドリ研究	・ ・ ・ ・ ・ 1
・ イオン液体を用いた高性能 CO <sub>2</sub> 分離膜の開発	・ ・ ・ ・ ・ 12
・ 惑星科学国際研究プロジェクト	・ ・ ・ ・ ・ 36
・ 透視科学に革新をもたらす数理とテクノロジーの開拓	・ ・ ・ ・ ・ 49
・ ゲノム編集研究	・ ・ ・ ・ ・ 58
・ 次世代バイオリジクスのプロセスサイエンス研究	・ ・ ・ ・ ・ 63
・ 電磁耐性量子集積エレクトロニクス・イノベーション	・ ・ ・ ・ ・ 69
・ 未来世紀都市学研究	・ ・ ・ ・ ・ 79
・ 健康・医療ビッグデータと人工知能を活用したデジタルヘルス研究	・ ・ ・ ・ ・ 90

## 令和6年度 神戸大学統合研究拠点利用状況報告書

### 1. 研究概要

研 究 テ ー マ	統合バイオフィアウンドリ研究		
研究代表者 部局・専攻・氏名	科学技術イノベーション研究科・近藤 昭彦 先端バイオ工学研究センター・蓮沼 誠久		
入 居 室 番 号	本館 401・504～506 号室  アネックス 301～306 号室		
外 部 資 金 獲 得 実 績	科学研究費補助金	5,500 千円,	受託研究経費 636,528 千円 奨学寄附金 8,000 千円, 共同研究経費 98,668 千円
特許出願件数	8 件,	論文発表件数	18 件, 著書数 4 件

## 2. 研究チームメンバーとその役割分担

氏名	所属部局・専攻	役割分担
近藤 昭彦	科学技術イノベーション研究科	総括
蓮沼 誠久	先端バイオ工学研究センター	<ul style="list-style-type: none"> <li>・代謝評価技術の開発</li> <li>・微生物の機能評価</li> </ul>
秀瀬 涼太	先端バイオ工学研究センター	<ul style="list-style-type: none"> <li>・酵素機能改変および代謝経路の設計</li> <li>・微生物機能評価の自動化技術の開発</li> </ul>
竹田 弘法	先端バイオ工学研究センター	<ul style="list-style-type: none"> <li>・酵素機能改変</li> <li>・微生物の機能評価</li> </ul>
吉田 崇伸	先端バイオ工学研究センター	<ul style="list-style-type: none"> <li>・代謝評価技術の開発</li> <li>・微生物の機能評価</li> <li>・微生物機能評価の自動化技術の開発</li> </ul>
那須野 亮	先端バイオ工学研究センター	<ul style="list-style-type: none"> <li>・酵素機能改変および代謝経路の設計</li> <li>・微生物機能評価の自動化技術の開発</li> </ul>
堀 良美	先端バイオ工学研究センター	<ul style="list-style-type: none"> <li>・微生物機能評価の自動化技術の開発</li> <li>・微生物の機能評価</li> </ul>
八反 順一郎	先端バイオ工学研究センター	<ul style="list-style-type: none"> <li>・計算科学による設計に基づく遺伝子改変微生物の作出</li> </ul>
工藤 恒	科学技術イノベーション研究科	<ul style="list-style-type: none"> <li>・酵素機能改良のための計算科学技術の開発</li> <li>・微生物の機能評価</li> </ul>

### 3. 研究成果の概要等について

本拠点では物質生産技術の根幹となるバイオ技術にデジタル技術（AI 技術、ロボティクス技術）を融合した研究プラットフォーム（統合型バイオファウンドリ）を構築し、属人的手法では実現できなかった『テラーメイドバイオ生産』を行っている。以下に研究テーマごとの研究成果の概要を示す。

#### < NEDO 「カーボンリサイクル実現を加速するバイオ由来製品生産技術の開発」プロジェクト >

・有用物質生産に資する高活性酵素候補をデータベース空間から抽出可能な計算科学技術の開発を行った。計算科学が提示する高活性酵素候補（脱水素酵素、脱離酵素など）について、酵素機能および有用物質生産菌の評価を通して、計算科学技術の有効性を実証した。脱水素酵素、脱離酵素など多様な酵素で、適用性を拡充するため計算科学技術の改良を行った。

・酵素活性を高速高精度に評価できるロボティクスシステムを高度化し、脱水素酵素、脱離酵素など多様な酵素の機能評価に適用できることを実証した。

#### < AMED 「次世代治療・診断実現のための創薬基盤技術開発事業（腸内マイクロバイオーーム制御による次世代創薬技術の開発）」プロジェクト >

腸内マイクロバイオーーム制御による疾患治療技術開発に取り組んだ。腸内細菌叢の細胞内代謝物および細胞外代謝物を評価する代謝評価系の精度向上を行った。

#### < JST 「次世代 DBTL 基盤とバイオ生産ベーシックセルの開発」 >

・次世代 DBTL 技術開発の一環として、自動育種技術の開発に取り組んだ。汎用的な自動形質転換系を構築するためにエレクトロポレーション装置とリキッドハンドラーのインテグレーションを行った。また、ゲノム編集技術の一つである MAGE 法の自動化にあたり、手動法による条件の最適化を行い、自動 MAGE 法確立へのめどが立った。一方、煩雑な接合法による形質転換が行われていた紅色非硫黄細菌に、エレクトロポレーション法を用いてプラスミド導入することに成功した。

#### < 株式会社島津製作所共同研究 >

ロボティクスと AI 技術を活用した自律型実験システム(Autonomous Lab)プロトタイプの開発に取り組んでいる。酵素改良・培養条件最適化などのバイオものづくり研究開発に取り組むことで、ロボティクスおよび AI 技術の課題を抽出し、課題解決に向けて改良を行った。

#### < 企業共同研究 1 >

LC-MS/MS を用いた代謝評価の精度向上を目的に新たなメタボローム解析技術の

開発に取り組んだ。新規のカラムおよび、移動相組成の候補を試験することで、多様な代謝物の一斉分析が可能なシステムを構築した。

#### **<企業共同研究 2>**

計算科学を用いた酵素設計を行い、設計に基づき人工酵素を作出・評価を行った。酵素機能評価では、目的とする酵素反応に適したロボティック活性評価システムを構築し、それを利用してハイスループット（3,000 検体/日以上）に活性データを取得した。また、酵素機能と配列の特徴抽出法の構築に着手した。

## 4. 論文・著書・特許出願リスト

### [論文]

論文名 : Mixotrophic culture enhances fucoxanthin production in the haptophyte *Pavlova gyrams*

著者名 : Yoshida, E., Kato, Y., Kanamoto, A., Kondo, A., Hasunuma, T.

掲載誌, 巻, ページ : *Applied Microbiology and Biotechnology*, 108, 352, 2024 年

論文名 : Integrated pathway mining and selection of an artificial CYP79-mediated bypass to improve benzyloquinoline alkaloid biosynthesis

著者名 : Takenaka, M., Kamasaka, K., Daryong, K., Tsuchikane, K., Miyazawa, S., Fujihana, S., Hori, Y., Vavricka, C.J., Hosoyama, A., Kawasaki, H., Shirai, T., Araki, M., Nakagawa, A., Minami, H., Kondo, A., Hasunuma, T.

掲載誌, 巻, ページ : *Microbial cell factories*, 23, 178, 2024 年

論文名 : High-throughput evaluation of hemolytic activity through precise measurement of colony and hemolytic zone sizes of engineered *Bacillus subtilis* on blood agar

著者名 : Bamba, T., Aoki, R., Hori, Y., Ishikawa, S., Yoshida, K.I., Taoka, N., Kobayashi, S., Yasueda, H., Kondo, A., Hasunuma, T.

掲載誌, 巻, ページ : *Biology Methods & Protocols*, 9(1):bpae044, 2024 年

論文名 : Engineering *Escherichia coli* for efficient glutathione production

著者名 : Mori, H., Matsui, M., Bamba, T., Hori, Y., Kitamura, S., Toya, Y., Hidese, R., Yasueda, H., Hasunuma, T., Shimizu, H., Taoka, N., Kobayashi, S.

掲載誌, 巻, ページ : *Metabolic engineering*, 84, 180-190, 2024 年

論文名 : One-pot synthesis of cellobiose from sucrose using sucrose phosphorylase and cellobiose phosphorylase co-displaying *Pichia pastoris* as a reusable whole-cell biocatalyst

著者名 : Inokuma, K., Toyohara, K., Hamada, T., Kondo, A., Hasunuma, T.

掲載誌, 巻, ページ : *Scientific Reports*, 14: 18540, 2024 年

論文名 : A serum-free culture medium production system by co-culture combining growth factor-secreting cells and l-lactate-assimilating cyanobacteria for sustainable cultured meat production

著者名 : Chu, S., Haraguchi, Y., Asahi, T., Kato, Y., Kondo, A., Hasunuma, T., Shimizu, T.

掲載誌, 巻, ページ : *Scientific Reports*, 14: 19578, 2024 年

論文名 : Minimized dark consumption of Calvin cycle intermediates facilitates the initiation of photosynthesis in *Synechocystis* sp. PCC 6803

著者名 : Tanaka, K., Kondo, A., Hasunuma, T.

掲載誌, 巻, ページ : *pcae102*, 2024 年

- 論文名 : Pioneering precision in markerless strain development for *Synechococcus* sp. PCC 7002  
著者名 : Tsuji, A., Inabe, K., Hidese, R., Kato, Y., Domingues, L., Kondo, A., Hasunuma, T.  
掲載誌, 巻, ページ : Microbial Cell Factories, Volume 23, article number 268, 2024 年
- 論文名 : Recombinant lactate-assimilating cyanobacteria reduce high-concentration culture-associated cytotoxicity in mammalian cells  
著者名 : Haraguchi, Y., Kato, Y., Tsuji, A., Hasunuma, T., Shimizu, T.  
掲載誌, 巻, ページ : Archives of Microbiology, 206 (11), 425, 2024 年
- 論文名 : Editorial overview: Chemical biotechnology paving the way for a sustainable future  
著者名 : Hasunuma, T., Jin, Y.S.  
掲載誌, 巻, ページ : Current Opinion in Biotechnology, 90, 103215, 2024 年
- 論文名 : De novo production of the bioactive phenylpropanoid artemisinin C using membrane-bound prenyltransferase in *Komagataella phaffii*  
著者名 : Bamba, T., Munakata, R., Ushiro, Y., Kumokita, R., Tanaka, S., Hori, Y., Kondo, A., Yazaki, K., Hasunuma, T.  
掲載誌, 巻, ページ : ACS Synthetic Biology, 13(12):4040-4049, 2024 年
- 論文名 : Engineering of acyl ligase domain in nonribosomal peptide synthetases to change fatty acid moieties of lipopeptides  
著者名 : Aoki, R., Kumagawa, E., Kamata, K., Ago, H., Sakai, N., Hasunuma, T., Taoka, N., Ohta, Y., Kobayash, S.  
掲載誌, 巻, ページ : Communications Chemistry, 8:17, 2025 年
- 論文名 : Engineering *Saccharomyces cerevisiae* for growth on xylose using an oxidative pathway  
著者名 : Tanaka, K., Yukawa, T., Bamba T., Wakiya, M., Kumokita, R., Jin Y.S., Kondo, A., Hasunuma, T.\*  
掲載誌, 巻, ページ : Applied Microbiology and Biotechnology, 109, 30, 2025 年
- 論文名 : Fermentation design and process optimization strategy based on machine learning ML-BASED FERMENTATION DESIGN AND OPTIMIZATION  
著者名 : Wang, Z., Zeng, D., Zhu, Y., Zhou, M., Kondo, A., Hasunuma, T., Zhao, X.  
掲載誌, 巻, ページ : BioDesign Research, 100002, 2025 年
- 論文名 : Metabolic engineering and cultivation strategies for efficient production of fucoxanthin and related carotenoids  
著者名 : Tanaka, K., Lan, J.CW., Kondo, A., Hasunuma T.\*  
掲載誌, 巻, ページ : Applied Microbiology and Biotechnology, 109,57, 2025 年

論文名 : Metabolic analysis reveals the contribution of mechanosensitive channel MscM to extracellular release of glutamate in glycogen-deficient *Synechococcus elongatus*

著者名 : Kato, Y., Kamasaka, K., Matsuda, M., Koizumi, H., Ohbayashi, R., Ashida, H., Kondo, A., Hasunuma, T.

掲載誌, 巻, ページ : *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 139 (3), 187-193, 2025 年

論文名 : Introduction of acetyl-phosphate bypass and increased culture temperatures enhanced growth-coupled poly-hydroxybutyrate production in the marine cyanobacterium *Synechococcus* sp. PCC7002

著者名 : Inabe, K., Hidese, R., Kato, Y., Matsuda, M., Yoshida, T., Matsumoto, K., Kondo, A., Sato, S., Hasunuma, T.

掲載誌, 巻, ページ : *Metabolic Engineering*, 88, 228-239, 2025 年

論文名 : Development of the Autonomous Lab system to support biotechnology research

著者名 : Fushimi, K., Nakai, Y., Nishi, A., Suzuki, R., Ikegami, M., Nimura, R., Tomono, T., Hidese, R., Yasueda, H., Tagawa, Y., Hasunuma, T.

掲載誌, 巻, ページ : *Scientific Reports*, 15, 6648, 2025 年

#### [著書]

著 書 : 産業と行政 バイオものづくりに資するテンプレート酵素の探索と応用 (共著)

著者名 : 蓮沼誠久

巻, ページ : 82(4), PP. 432-434

発行所, 発行年 : *Bioscience & Industry*, 2024 年

著 書 : ppGpp によるラン藻の窒素利用制御 (共著)

著者名 : 蓮沼誠久

巻, ページ : 35 (9), PP.18-21

発行所, 発行年 : 光アライアンス, 2024 年

著 書 : ppGpp に着目した細胞増殖制御による光合成的芳香族生産 (共著)

著者名 : 蓮沼誠久

巻, ページ : 41 (10) 通巻 487 号, PP.1-7

発行所, 発行年 : *BIO INDUSTRY*, 2024 年

著 書 : 応用微生物学 循環型未来社会への取組み -6. バイオ燃料 (共著)

著者名 : 蓮沼誠久

巻, ページ : 第 4 版第 10 章, PP.180-323

発行所, 発行年 : 文永堂出版, 2025 年

[特許]

発明等の名称：セロビオースの製造方法

出願者：国立大学法人神戸大学，帝人株式会社

発明者：猪熊健太郎，安枝寿，蓮沼誠久，濱田智也，石丸淳一，豊原清綱

出願日：2024年5月16日

出願番号：PCT/JP2024/018152

発明等の名称：藻類を用いてD-グルコースを生産する方法

出願者：国立大学法人神戸大学，学校法人東京女子医科大学

発明者：蓮沼誠久，加藤悠一，田中謙也，辻彩花，清水達也

原口裕次出願日：2024年9月4日

出願番号：2024-152689

発明等の名称：腸内細菌叢の代謝物解析方法および腸内細菌叢の代謝物解析システム

出願者：国立大学法人神戸大学

発明者：蓮沼誠久，吉田崇伸，松木 泰

出願日：2024年12月25日

出願番号：2024-228734

他 5 件

## 5. 関連活動及び特記事項

### (1) 外部資金等(外部資金名(種目), 代表者名, 研究タイトル, 当該年度の受入金額を記載)

○外部資金名：科学研究費補助金

研究種目：基盤（B）

代表者名：蓮沼誠久

研究課題名：鉄利用メカニズムの解明と制御による代謝経路の再編

受入金額：3,400 千円

○外部資金名：科学研究費補助金

研究種目：基盤（B）

代表者名：谷藤吾朗（分担：蓮沼誠久）

研究題目：光によらない葉緑体の炭酸同化能力と進化的原動力を紐解く

受入金額：100 千円

○外部資金名：科学研究費補助金

研究種目：若手研究

代表者名：竹田弘法

研究課題名：ミトコンドリア外膜における巨大チャンネル形成の構造・機能研究

受入金額：1,100 千円

○外部資金名：科学研究費補助金

研究種目：基盤 C

代表者名：那須野 亮

研究課題名：酵母におけるニトロ化タンパク質還元酵素の同定と機能解析

受入金額：900 千円

○外部資金名：JST 革新的 GX 技術創出事業（基金）

代表者名：本田孝祐（分担：蓮沼誠久）

研究題目：次世代 DBTL 基盤とバイオ生産ベーシックセルの開発

受入金額：349,600 千円

○外部資金名：BRAIN ムーンショット型水産研究開発事業

代表者名：清水達也（分担：蓮沼誠久）

研究題目：藻類と動物細胞を用いたサーキュラーセルカルチャーによるバイオ  
エコノミカルな培養食糧生産システム

受入金額：21,538 千円

○外部資金名：AMED 次世代治療・診断実現のための創薬基盤技術開発事業  
代表者名：鎌形洋一（分担：蓮沼誠久）  
研究題目：リバーストランスレーショナル創薬に向けた包括的マイクロバイオー  
ーム制御基盤技術開発-マイクロバイオーーム創薬エコシステム構築に  
向けて-

受入金額：5,000 千円

○外部資金名：国立大学改革・研究基盤強化推進補助金

代表者名：蓮沼誠久

研究題目：-

受入金額：1,500 千円

○外部資金名：共同型協力研究

代表者名：蓮沼誠久

研究題目：21 件

受入金額：98,668 千円

○外部資金名：JST 創発的研究支援

代表者名：竹田弘法

研究題目：ミトコンドリア外膜の統合的理解に向けた構造生物学的研究

受入金額：2,000 千円

○外部資金名：加藤記念財団

代表者名：竹田弘法

研究題目：SAM 複合体の基質依存的なタンパク質挿入メカニズムの解明

受入金額：1,000 千円

○外部資金名：中島記念国際交流財団

代表者名：竹田弘法

研究題目：新規ミトコンドリア品質管理機構の生物学的意義の解明

受入金額：5,000 千円

○外部資金名：NEDO 受託研究 4 件

受入金額：258,890 千円

(2) 受賞（賞名称，受賞対象，受賞者名，授与機関名、受賞年・月）

学長表彰

（授与機関名：神戸大学，財務貢献者）

受賞者名：蓮沼誠久

受賞年月：令和 5 年 1 0 月

**(3) 研究集会の開催**

研究集会名：第3回先端バイオ工学研究センターシンポジウム

主催団体がある場合は主催団体：神戸大学先端バイオ工学研究センター

開催日：2025年1月28日

場所：神戸大学百年記念館六甲ホール

**(4) その他，統合研究拠点での研究活動と関連のある特記事項**

令和6年度 神戸大学統合研究拠点利用状況報告書

1. 研究概要

研究テーマ	イオン液体を用いた高性能CO <sub>2</sub> 分離膜の開発
研究代表者 部局・専攻・氏名	先端膜工学研究センター・松山秀人
入室番号	本館 502号室
外部資金 獲得実績	科学研究費補助金 13,900千円, 受託研究経費 101,812千円 奨学寄附金 28,572千円, 共同研究経費 116,410千円
特許出願件数	13件, 論文発表件数 70件, 著書数 0件

## 2. 研究チームメンバーとその役割分担

氏名	所属部局・専攻	役割分担
松山秀人	先端膜工学研究センター	研究統括
蔵岡孝治	海事科学研究科	ガス分離特性評価
吉岡朋久	先端膜工学研究センター	ガス透過解析
中川敬三	科学技術イノベーション研究科	ガス分離用高分子材料の開発
神尾英治	工学研究科・応用化学専攻	ガス分離系の設計
市橋祐一	工学研究科・応用化学専攻	ガス分離特性評価
松岡 淳	先端膜工学研究センター	ガス透過解析
熊谷和夫	先端膜工学研究センター	ガス分離特性評価
Stephen Gray	Victoria University	ガス分離研究助言
King Lun Yeung	The Hong Kong University of Science and Technology	ガス分離研究助言
Xiao-Ling Wang	Tsinghua University	ガス分離研究助言
Bao-Guo Wang	Tsinghua University	ガス分離研究助言
Da-Ming Wang	National Taiwan University	ガス分離研究助言
Kueir-Rarn Lee	Chung Yuan Christian University	ガス分離研究助言
Hokyong Shon	University of Technology Sydney	ガス分離研究助言

### 3. 研究成果の概要等について

本研究では、大気中 CO<sub>2</sub> 濃度の低減に貢献する省エネルギーな CO<sub>2</sub> 分離回収プロセスの実現を目指し、高性能 CO<sub>2</sub> 分離膜の開発を行う。特に、CCS および CCUS 実現のための火力発電所等の大規模 CO<sub>2</sub> 発生源から排出される CO<sub>2</sub> の分離回収のための CO<sub>2</sub> 分離膜を開発する。CO<sub>2</sub> 分離膜を用いた脱炭酸プロセスを実用化するために必要とされる CO<sub>2</sub> 透過度および CO<sub>2</sub>/N<sub>2</sub> 選択性には、それぞれ 1000 GPU および 20 が必要とされるため、それら性能を有する CO<sub>2</sub> 分離膜を開発することを到達目標とする。

本研究で開発を目指す耐圧型 CO<sub>2</sub> 分離膜は、長期使用安定性と耐圧性を両立するものであり、それらを実現するための材料として、イオン液体を含有する高強度ゲル（高強度イオンゲル）に着目している。これまでに、CO<sub>2</sub> を選択的に吸収できるイオン液体を高強度化するための技術と、その高強度イオンゲルフィルム優れた CO<sub>2</sub> 選択透過性能は確認できおり、高強度イオンゲルの薄膜化技術の開発が現状の課題である。

これまでの研究では、イオン液体に対して高い親和性を有する高分子と低い親和性を有する半結晶性高分子を用いることで、物理的架橋ネットワークの形成による高強度イオンゲルの創製に成功し、そのイオンゲル層を CO<sub>2</sub> 分離機能層とする薄膜複合膜の開発に取り組んできた。イオンゲル薄膜複合膜は、CO<sub>2</sub> 分離機能を担うイオンゲル薄層と、イオンゲル層形成の足場として機能する中間層、および機械的強度を担保する多孔性支持膜から構成される。イオンゲル薄層については、これまでに創製してきたイオンゲルを用いることで調製できることを示してきたが、中間層のガス透過性の低さが課題であり、薄膜複合膜としての性能は不十分であった。昨年度は、その中間層に関する課題を解決するために、低架橋密度の PDMS を用いた中間層の創製に取り組み、約 10000 GPU の高速 CO<sub>2</sub> 透過が可能な中間層の作製に成功した。そこで、今年度は、その高性能中間層上にイオンゲル薄層を形成することで、目標としている 1000 GPU 以上の CO<sub>2</sub> 透過速度と 20 以上の CO<sub>2</sub>/N<sub>2</sub> 透過選択性を併せ持つ薄膜複合膜の開発に取り組んだ。

イオンゲル薄膜複合膜の作製に利用したイオンゲルは、Pebax 1657 を高分子ネットワークとし、CO<sub>2</sub> 選択吸収性に優れる [Emim][C(CN)<sub>3</sub>] を含有するイオンゲル（以下、Pebax イオンゲル）である。このゲルは物理ゲルであり、Pebax 1657 を構成するポリアミドブロックは [Emim][C(CN)<sub>3</sub>] との親和性が低いためイオンゲル中で半結晶性物理架橋点を形成し、一方で、PEG ブロックは [Emim][C(CN)<sub>3</sub>] との親和性が高いためイオンゲルの [Emim][C(CN)<sub>3</sub>] 保持性を担保する。また、Pebax イオンゲルは、Pebax 1657 と [Emim][C(CN)<sub>3</sub>] を水/エタノール混合溶媒に溶解したゲル前駆体溶液から混合溶媒を蒸発除去するだけで調製することが可能であり、ゲル前駆体溶液のコーティングによる薄膜形成に適する。Pebax イオンゲルの写真を図 1 に、CO<sub>2</sub> 選択透過性能を図 2 に示す。図 1 に示されているように、Pebax イオンゲルは柔らかくて強靱である。その破断エネルギーは [Emim][C(CN)<sub>3</sub>] 含有率 70 wt% 以下で 2000 kJ/m<sup>3</sup> 以上となる。また、図 2 に示されているように、その CO<sub>2</sub> 選択透過性能は既往高分子膜の上限性能と同等であり、CO<sub>2</sub> 分離機能薄層に求められる要件を満たす。

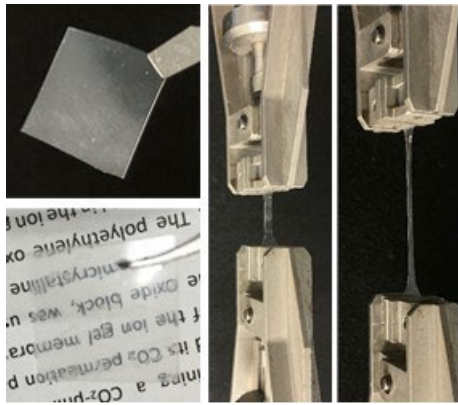


図 1 [Emim][C(CN)<sub>3</sub>]含有 Pebax イオンゲル

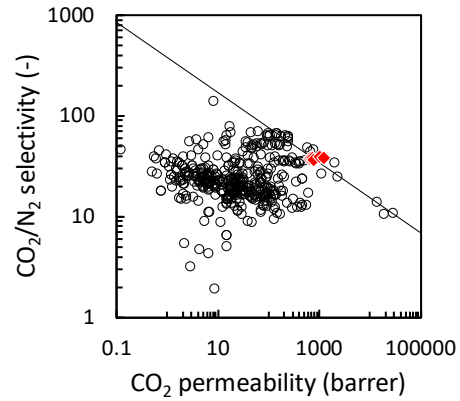


図 2 [Emim][C(CN)<sub>3</sub>]含有 Pebax イオンゲルの CO<sub>2</sub> 分離性能

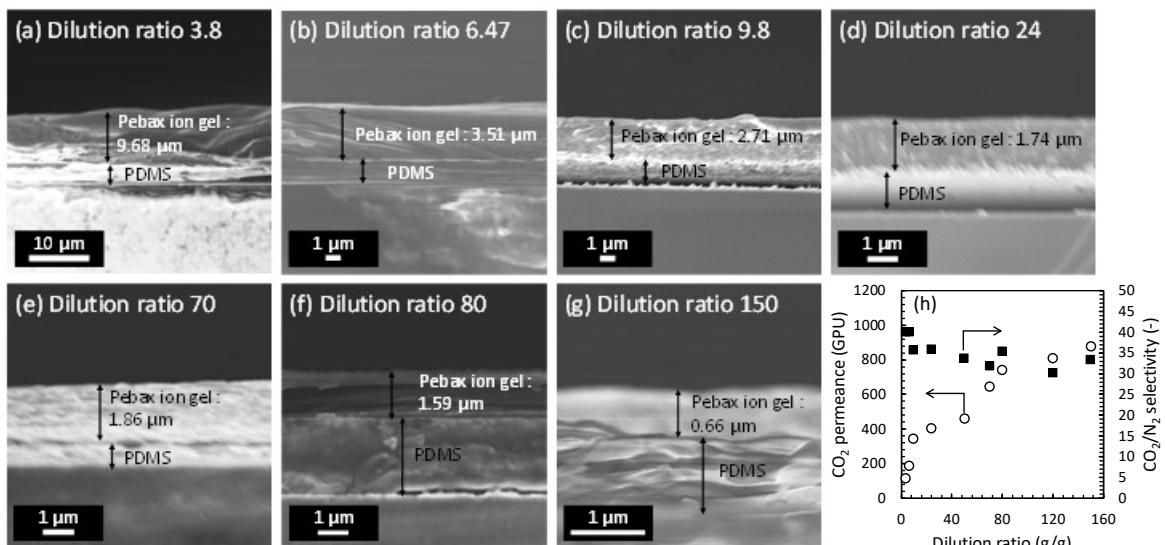


図 3 種々希釈率のイオンゲル前駆体溶液を用いて調製した Pebax イオンゲル薄膜複合膜の断面 SEM 写真(a-g)および CO<sub>2</sub> 透過速度と CO<sub>2</sub>/N<sub>2</sub> 透過選択性(h)

Pebax イオンゲルを低架橋 PDMS 膜上にスピコーティングにより薄層展開することで、イオンゲル薄膜複合膜を作製した。Pebax イオンゲル層の厚みはゲル前駆体溶液の希釈率により制御可能であり、最薄で 0.66  $\mu\text{m}$  であった (図 3)。また、その CO<sub>2</sub> 透過速度はイオンゲル層の厚みが薄いほど速く、0.66  $\mu\text{m}$  のイオンゲル層を有するイオンゲル薄膜複合膜では 872 GPU に達した。一方で、その CO<sub>2</sub>/N<sub>2</sub> 透過選択性は 30 以上であった。この優れた CO<sub>2</sub>/N<sub>2</sub> 透過選択性は、優れた CO<sub>2</sub>/N<sub>2</sub> 溶解選択性を有する [Emim][C(CN)<sub>3</sub>] の効果である。なお、図 3(h) には、前駆体溶液の希釈率増大に伴う CO<sub>2</sub> 透過速度の増大とともに、CO<sub>2</sub>/N<sub>2</sub> 透過選択性の低下が確認されているが、これは希釈率の増大に伴うイオンゲル膜厚の減少により、薄膜複合膜の CO<sub>2</sub> 選択透過性が低架橋 PDMS 中間層に影響されだしたことが原因である。CO<sub>2</sub>/N<sub>2</sub> 透過選択性と膜厚の関係は直列抵抗モデルによる理論計算結果と良好に一致することを確認している。理論計算結果と実験結果が良好に相関するという事実は、作製されたイオンゲル薄膜複合膜のイオンゲル薄層に欠陥が形成されていないことを裏付けている。

以上のように、創製に成功したイオンゲル薄膜複合膜は目標値に近い CO<sub>2</sub> 分離性能を有しているが、その性能は実使用条件下で担保される必要がある。本研究で開発を目指してい

る CO<sub>2</sub>分離膜は、火力発電所排ガスからの CO<sub>2</sub>分離回収を目的としている。火力発電所排ガスから CO<sub>2</sub>を分離回収する箇所は、排ガスの脱硫、脱硝を行った後の煙道であり、その排ガス温度は約 50℃程度である。一方で、図 3(h)に示した CO<sub>2</sub>分離性能は 30℃における性能である。一般的に、CO<sub>2</sub>分離膜の性能は温度に依存し、高温ほど CO<sub>2</sub>透過速度が速くなり、CO<sub>2</sub>/N<sub>2</sub>透過選択性は低くなる。そこで、本研究で開発したイオンゲル薄膜複合膜の CO<sub>2</sub>選択透過性能を 20~80℃の範囲で評価した。その結果を図 4 に示す。

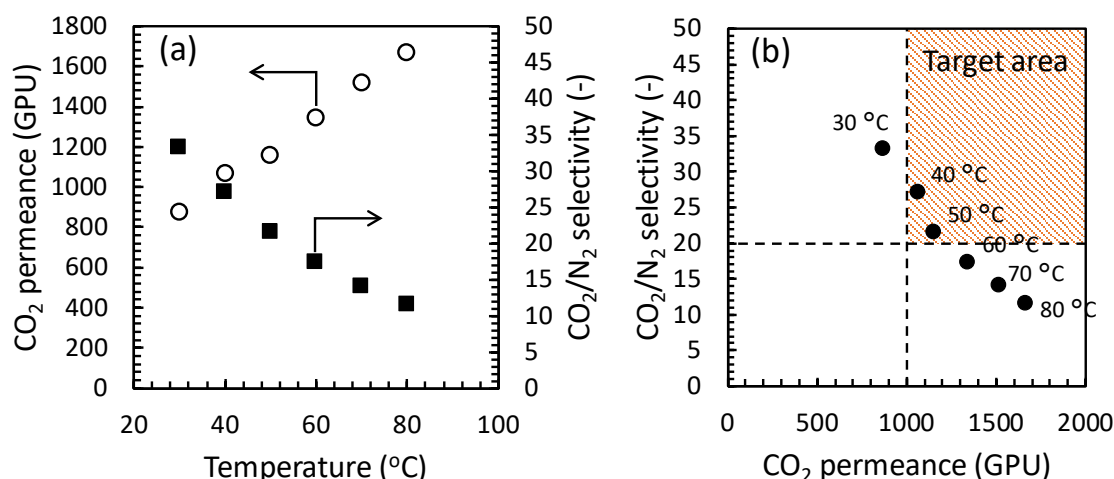


図 4 Pebax イオンゲル薄膜複合膜の(a) CO<sub>2</sub>透過速度および(b) CO<sub>2</sub>/N<sub>2</sub>透過選択性の温度依存性

図 4 に示されているように、Pebax イオンゲル薄膜複合膜の CO<sub>2</sub>透過速度は温度の上昇に伴い増大し、CO<sub>2</sub>/N<sub>2</sub>透過選択性は低下した。これは CO<sub>2</sub>分離膜に一般的にみられる傾向であり、Pebax イオンゲル薄膜複合膜に特有の結果ではない。しかしながら、火力発電所排ガス相当の 50℃における Pebax イオンゲル薄膜複合膜の CO<sub>2</sub>分離性能に着目すると、CO<sub>2</sub>透過速度は 1156 GPU、CO<sub>2</sub>/N<sub>2</sub>透過選択性は 21.6 であり、火力発電所排ガス煙道ガスからの CO<sub>2</sub>分離回収に求められる性能 (CO<sub>2</sub>透過速度 : 1000 GPU、CO<sub>2</sub>/N<sub>2</sub>透過選択性 : 20) を上回る性能が得られた。この結果から、イオンゲル薄膜複合膜は実用化に足る CO<sub>2</sub>分離性能を発現可能であることが実証された。

以上、これまでの研究を通じて、火力発電所排ガスからの CO<sub>2</sub>分離回収に適用可能なイオンゲル膜の創製に成功した。その実用化のためには、大規模製膜技術の確立やモジュール化など、技術確立が必要な課題が残っている。今後、それら課題の解決に取り組み、開発したイオンゲル膜の社会実装を実現したい。

## 4. 論文・著書・特許出願リスト

[論文]

論文名 : Sodium-Ion Traps in a Two-Dimensional Confined Channel for Effective Water and Ion Selective Transport

著者名 : Dai, LH; Guan, KC; Mai, ZH; Fang, S; Zhao, SZ; Hu, MY; Li, Z; Zhang, PF; Xu, P; Matsuyama, H

掲載誌, 巻, ページ : Nano Letters, 24 巻, PP.13686-13694, 2024 年

論文名 : Nanomorphogenesis of Polyamide Membranes By Regulating Activator-Inhibitor Diffusivity Difference

著者名 : Shi, YX; Mai, ZH; Shen, Q; Song, QQ; Fu, WM; Xiang, S; Hu, MY; Guan, KC; Takagi, R; Matsuyama, H

掲載誌, 巻, ページ : Journal of Membrane Science, 702 巻, PP.122804, 2024 年

論文名 : Influence of Polar Solvent in formation and Organic Solvent Separation Performance of Novel Fluorine-Containing Polyamide Membranes

著者名 : Xu, GR; Mai, ZH; Fu, WM; Gonzales, RR; Chiao, YH; Deng, LY; Hu, MY; Guan, KC; Xu, P; Zhang, PF; Li, Z; Matsuyama, H

掲載誌, 巻, ページ : Journal of Membrane Science, 706 巻, PP.122969, 2024 年

論文名 : Ternary-Coordination-Regulated Polyamide Nanofiltration Membranes for Li<sup>+</sup>/Mg<sup>2+</sup> Separation

著者名 : Fang, S; Guan, KC; Zhou, SY; Song, QQ; Shi, YX; Fu, WM; Li, Z; Xu, P; Hu, MY; Mai, ZH; Zhang, PF; Matsuyama, H

掲載誌, 巻, ページ : Desalination, 581 巻, PP.117577, 2024 年

論文名 : Nanochannel Stability of Chemically Converted Graphene Oxide Membranes

著者名 : Zhou, SY; Guan, KC; Li, Z; Xu, P; Fang, S; Zhang, AW; Wang, Z; He, SN; Nakagawa, K; Matsuyama, H

掲載誌, 巻, ページ : Small, 20 巻, PP.34, 2024 年

論文名 : Effect of Surface Hydroxyl Group Density of Support Membrane On Water Permeance of Polyamide Thin-Film Composite Membrane

著者名 : Matsuoka, A; Miyake, T; Nakagawa, K; Yoshioka, T; Kamio, E; Matsuyama, H

掲載誌, 巻, ページ : Journal of Membrane Science, 710 巻, PP.123161, 2024 年

論文名 : Development of An Ion Gel-Based CO<sub>2</sub> Separation Membrane Composed of Pebax 1657 and a CO<sub>2</sub>-Philic Ionic Liquid

著者名 : Muroga, J; Kamio, E; Matsuoka, A; Nakagawa, K; Yoshioka, T; Matsuyama, H  
掲載誌, 巻, ページ : Rsc Advances, 14 巻, PP.20786-20796, 2024 年

論文名 : Fabrication of Hydrophilic PVDF Ultrafiltration Membranes via Thermally Induced Phase Separation Coupled with Amphiphilic Copolymer Deposition

著者名 : Zhang, PF; Gonzales, RR; Shen, C; Xiang, S; Li, BW; Cui, ZY; Matsuyama, H  
掲載誌, 巻, ページ : Process Safety and Environmental Protection, 186 巻, PP.773-782, 2024 年

論文名 : Highly Selective CO<sub>2</sub> Permeable Double-Network Ionogel Membrane Containing 1-Ethyl-3-Methylimidazolium Dicyanamide

著者名 : He, SN; Kamio, E; Matsuoka, A; Nakagawa, K; Yoshioka, T; Matsuyama, H  
掲載誌, 巻, ページ : Journal of Membrane Science, 711 巻, PP.123200, 2024 年

論文名 : Fabrication of Polydopamine/Graphene Oxide Composite Membranes for Effective Radionuclide Removal

著者名 : Li, C; Li, Z; Chiao, YH; Guan, KC; Zhang, XL; Yoshioka, T; Matsuyama, H  
掲載誌, 巻, ページ : Colloids and Surfaces A-Physicochemical and Engineering Aspects, 701 巻, PP.134834, 2024 年

論文名 : Practical Osmotic Agent for High-Degree Pharmaceutical Pre-Concentration By Organic Solvent forward Osmosis

著者名 : Takada, R; Takagi, R; Mai, ZH; Matsuoka, A; Matsuyama, H  
掲載誌, 巻, ページ : Membranes, 14 巻, PP.187, 2024 年

論文名 : Hydrogel Membrane Composite Reduces Fouling and Retains Ammonium Efficiently

著者名 : Gonzales, RR; Li, J; Zhang, PF; Xu, P; Li, Z; Hu, MY; Mai, ZH; Guan, KC; Matsuyama, H

掲載誌, 巻, ページ : Environmental Chemistry Letters, 22 巻, PP.1615-1621, 2024 年

論文名 : Aggregate Removal By Responsive Electrospun Membrane Based Hydrophobic Interaction Chromatography

著者名 : Hao, XL; Chen, ST; Chiao, YH; Matsuyama, H; Qian, XH; Wickramasinghe, R  
掲載誌, 巻, ページ : Chemie Ingenieur Technik, 96 巻, PP.446-454, 2024 年

論文名 : Preparation Strategies of The Positively Charged Nanofiltration Membrane:  
a Comprehensive Review

著者名 : Zhang, L; Hu, MY; Matsuyama, H; Li, XH

掲載誌, 巻, ページ : Separation and Purification Technology, 334 巻, PP.126011, 2024  
年

論文名 : Pervaporation Dehydration of An Isopropanol Aqueous Solution Using  
Microporous Tio<sub>2</sub>-Sio<sub>2</sub>-OCL (Organic Chelating Ligand) Composite Membranes Prepared  
Under Different Firing Conditions

著者名 : Fujiki, T; Kaji, M; Tamamizu, Y; Yasunari, R; Nakagawa, K; Kitagawa, T;  
Okamoto, Y; Matsuoka, A; Kamio, E; Matsuyama, H; Yoshioka, T

掲載誌, 巻, ページ : Separation and Purification Technology, 337 巻, PP.126249, 2024  
年

論文名 : Fabrication of Polyethersulfone/Sulfonated Polysulfone Loose Nanofiltration  
Membranes for Enhanced Selectivity of Pharmaceuticals and Personal Care Products  
and Minerals

著者名 : Cheng, YJ; Ding, HY; Liu, YT; He, D; Peng, LE; Matsuyama, H; Hu, MY; Li,  
XH

掲載誌, 巻, ページ : Separation and Purification Technology, 337 巻, PP.126466, 2024  
年

論文名 : Engineering High-Flux Poly (Vinylidene Fluoride) Membranes with Symmetric  
Structure for Membrane Distillation via Delayed Phase Inversion

著者名 : Xia, LB; Guan, KC; He, SS; Luo, P; Matsuyama, H; Zhong, ZX; Zou, D

掲載誌, 巻, ページ : Separation and Purification Technology, 338 巻, PP.126499, 2024  
年

論文名 : Engineering PVDF Omniphobic Membranes with Flower-Like Micro-Nano  
Structures for Robust Membrane Distillation

著者名 : Xu, J; Guan, KC; Luo, P; He, SS; Matsuyama, H; Zou, D; Zhong, Z

X 掲載誌, 巻, ページ : Desalination, 578 巻, PP.117442, 2024 年

論文名 : Electrocoagulation As a Pretreatment for Reverse Osmosis for Potable Water  
From Brackish Groundwater

著者名 : Jebur, M; Chiao, YH; Matsuyama, H; Wickramasinghe, SR

掲載誌, 巻, ページ : Water Resources and Industry, 31 巻, PP.100243, 2024 年

論文名 : Surface Grafting of Magnetic Carbon Nanotubes and Their Vertical Alignment in PVDF Asymmetric Ultrafiltration Membranes for Fast Nanochannel Construction  
著者名 : Gao, TS; Ma, WZ; Song, XY; Zhong, J; Yang, HC; Matsuyama, H  
掲載誌, 巻, ページ : Journal of Macromolecular Science Part B-Physics, Part B 巻, PP. 45681, 2024 年

論文名 : Improving The CO<sub>2</sub> Permeability and Selectivity of Pebax Mixed-Matrix Membranes By Constructing An Expressway Using Pyrazine-Based Nitrogen-Doped Porous Carbon with Nitrogen-Containing Groups and Meso-Microporous Structure  
著者名 : Li, PL; Ma, WZ; Zhong, J; Pan, Y; Ren, XX; Guo, M; Wu, NH; Matsuyama, H  
掲載誌, 巻, ページ : Journal of Environmental Chemical Engineering, 12 巻, PP. 113144, 2024 年

論文名 : Polyethylenimine-Assisted Preparation of Zr-MOF/GO Membranes for Radionuclide Separation  
著者名 : Li, C; Li, Z; Guan, KC; Chiao, YH; Zhang, PF; Xu, P; Gonzales, RR; Hu, MY; Mai, ZH; Yoshioka, T; Matsuyama, H  
掲載誌, 巻, ページ : Desalination, 592 巻, PP. 118118, 2024 年

論文名 : One-Step Phase Separation and Mineralization Fabrication of Membranes for Oily Wastewater Treatment  
著者名 : Hu, MY; Chiao, YH; Fu, WM; Zhang, PF; Fang, S; Guan, KC; Gonzales, RR; Li, Z; Xu, P; Mai, ZH; Dai, LH; Matsuyama, H  
掲載誌, 巻, ページ : Acs Applied Materials & Interfaces, 16 巻, PP. 38723-38732, 2024 年

論文名 : Surface Polarity Modulation Enables High-Performance Polyamide Membranes for Separation of Polar/Non-Polar Organic Solvent Mixtures  
著者名 : Fu, WM; Hu, MY; Liu, J; Deng, LY; Guan, KC; Gonzales, RR; Fang, S; Wang, Z; Shi, YX; Xiang, S; Zhang, PF; Shi, WX; Matsuyama, H  
掲載誌, 巻, ページ : Journal of Membrane Science, 704 巻, PP. 122901, 2024 年

論文名 : Research On Triazine-Based Nitrogen-Doped Porous Carbon/Pebax Mixed-Matrix Membranes for CO<sub>2</sub> Separation and Its Gas Transport Mechanism  
著者名 : Li, PL; Ma, WZ; Zhong, J; Pan, Y; Ren, XX; Guo, M; Wu, NH; Matsuyama, H  
掲載誌, 巻, ページ : Journal of Nanoparticle Research, 26 巻, PP. 108, 2024 年

論文名 : Chitin-Augmented Wetting Resistance and Water-In-Oil Emulsion Separation Performance of Silane-Modified Polyketone Membrane

著者名 : Aulia, MP; Gonzales, RR; Tabuchi, M; Kitagawa, T; Okamoto, Y; Zhang, PF; Arahman, N; Yoshioka, T; Nakagawa, K; Matsuyama, H

掲載誌, 巻, ページ : Journal of Membrane Science, 710 巻, PP.123115, 2024 年

論文名 : Robust Hydrophobic Ceramic Membrane for High-Salinity Wastewater Separation via Membrane Distillation

著者名 : Miao, K; Song, YQ; Guan, KC; Liu, JX; Matsuyama, H; Zou, D; Zhong, Z

X 掲載誌, 巻, ページ : Desalination, 592 巻, PP.118091, 2024 年

論文名 : Novel Physics-Informed Optimization Framework for Complex Multi-Physics Problems: Implementation for a Sweeping Gas Membrane Distillation Module

著者名 : Shirzadi, M; Li, Z; Yoshioka, T; Matsuyama, H; Fukasawa, T; Fukui, K; Ishigami, T

掲載誌, 巻, ページ : Chemical Engineering Journal, 498 巻, PP.155141, 2024 年

論文名 : Boosted Intracavity Aperture in Macrocyclic Amines Enabling Finely Regulated Microporous Membranes

著者名 : Han, SQ; Lu, Z; Zhu, JY; Mai, ZH; Matsuyama, H; He, T; Zhang, YT

掲載誌, 巻, ページ : Nano Letters, 24 巻, PP.12382-12389, 2024 年

論文名 : Confined-Coordination Induced Intergrowth of Metal-Organic Frameworks Into Precise Molecular Sieving Membranes

著者名 : Liu, GZ; Mo, BY; Guo, YA; Chu, ZY; Ren, XM; Guan, KC; Miao, RJ; Wang, ZG; Zhang, YX; Ji, WQ; Liu, GP; Matsuyama, H; Jin, WQ

掲載誌, 巻, ページ : Angewandte Chemie-International Edition, 63 巻, PP.E202405676, 2024 年

論文名 : Establishment of An Artificial Urine Model in Vitro and Rat Or Pig Model in Vivo to Evaluate Urinary Crystal Adherence

著者名 : Hayashi, K; Shigemura, K; Tanimoto, H; Kumagai, K; Gonzales, RR; Yang, YM; Maeda, K; Matsuyama, H; Fujisawa, M

掲載誌, 巻, ページ : Scientific Reports, 14 巻, PP.12001, 2024 年

論文名 : Ion-Selective Transport Promotion Enabled By Angstrom-Scale Nanochannels in Dendrimer-Assembled Polyamide Nanofilm for Efficient Electrodialysis

著者名 : Wu, BL; Gan, N; Lin, YQ; Zhang, YR; Zhang, JY; Qiu, YL; Cao, XZ; Yu, JG; Matsuyama, H

掲載誌, 巻, ページ : Nano Letters, 24 巻, PP.8650-8657, 2024 年

論文名 : Angstrom-Scale Channels with Versatile Ion-Membrane Interactions Enabling Precise Ion Separation via Electrodialysis

著者名 : Zhang, YR; Lin, YQ; Gan, N; Zhang, JY; Wu, BL; Yu, JG; Matsuyama, H; Wang, R

掲載誌, 巻, ページ : Aiche Journal, 70 巻, PP.10, 2024 年

論文名 : Ph-Responsive Polyaryl Sulfide Sulfone Amide Membrane Containing Tertiary Amine Unit: Oxidation and Reversible Acid-Base Treatment

著者名 : Huang, X; Yuan, SS; Wan, HH; Xing, XJ; Mai, ZH; Matsuyama, H; Zhang, G

掲載誌, 巻, ページ : Journal of Membrane Science, 709 巻, PP.123152, 2024 年

論文名 : Ion-Selective Supramolecular Membrane with Ph-Regulated Smart Nanochannels for Lithium Extraction

著者名 : Gan, N; Lin, YQ; Zhang, YR; Qiu, YL; Yu, JG; She, QH; Ooya, T; Lin, Q; Matsuyama, H

掲載誌, 巻, ページ : Journal of Membrane Science, 708 巻, PP.123035, 2024 年

論文名 : Advancing Drinking Water Safety: Facile Fabrication of Nanofiltration Membrane for Enhanced Antibiotics Removal and Efficient Water Softening

著者名 : Liu, YY; Zhang, X; Chi, MS; Matsuyama, H; Guo, YL; Simoens, K; Volodine, A; Dewil, R; Zheng, JF; Dai, ZD; Van Der Bruggen, B

掲載誌, 巻, ページ : Desalination, 591 巻, PP.118024, 2024 年

論文名 : Effects of Alcohols As Sacrificial Reagents On a Copper-Doped Sodium Dtitanate Nanosheets/Graphene Oxide Photocatalyst in CO2 Photoreduction

著者名 : Kitjanukit, N; Neamsung, W; Karawek, A; Lertthanaphol, N; Chongkol, N; Hiramatsu, K; Sekiguchi, T; Pornsuwan, S; Sakurai, T; Jonglertjunya, W; Phadungbut, P; Ichihashi, Y; Srinives, S

掲載誌, 巻, ページ : Rsc Advances, 14 巻, PP.27980-27989, 2024 年

論文名 : Effects of Alcohols As Sacrificial Reagents On a Copper-Doped Sodium Dtitanate Nanosheets/Graphene Oxide Photocatalyst in CO2 Photoreduction (Vol 14, Pg 27980, 2024)

著者名 : Kitjanukit, N; Neamsung, W; Karawek, A; Lertthanaphol, N; Chongkol, N; Hiramatsu, K; Sekiguchi, T; Pornsuwan, S; Sakurai, T; Jonglertjunya, W; Phadungbut, P; Ichihashi, Y; Srinives, S

掲載誌, 巻, ページ : Rsc Advances, 14 巻, PP.28943, 2024 年

論文名 : Low-Temperature Regulated Interfacial Polymerization of Nanofiltration Membrane for Efficient Li<sup>+</sup>/Mg<sup>2+</sup> Separation

著者名 : Duan, SF; Jiang, S; Li, Z; Zhang, PF; Guan, KC; Xu, P; Matsuyama, H

掲載誌, 巻, ページ : Desalination, 597 巻, PP.118393, 2025 年

論文名 : Polar Pore Surface of Polyamide Membranes Enabling Efficient Solvent Mixture Separation

著者名 : Zhang, AW; Guan, KC; Mai, ZH; Wang, Z; Dai, LH; Li, C; Li, BW; Li, Z; Hu, MY; Zhang, PF; Matsuyama, H

掲載誌, 巻, ページ : Advanced Functional Materials, 巻, PP.2422376, 2025 年

論文名 : Nanomorphogenesis of Interlayered Polyamide Membranes for Precise Ion Sieving in Lithium Extraction

著者名 : Shi, YX; Mai, ZH; Guan, KC; Li, BW; Shen, Q; Song, QQ; Fu, WM; Xiang, S; Takagi, R; Matsuyama, H

掲載誌, 巻, ページ : Water Research, 274 巻, PP.123063, 2025 年

論文名 : Multifunctional Role of Surfactant in Fabricating Polyamide Nanofiltration Membranes for Li<sup>+</sup>/Mg<sup>2+</sup> Separation

著者名 : Fang, S; Guan, KC; Zhang, AW; Dai, LH; Zhou, SY; Fu, WM; Hu, MY; Xu, P; Zhang, PF; Li, Z; Mai, ZH; Matsuyama, H

掲載誌, 巻, ページ : Desalination, 594 巻, PP.118295, 2025 年

論文名 : Charge-Sign-Independent Separation of Mono- and Divalent Ions with Nanofiltration Membranes

著者名 : Xu, P; Duan, SF; Li, Z; Hu, MY; Zhang, PF; Dai, LH; Mai, ZH; Guan, KC; Matsuyama, H

掲載誌, 巻, ページ : Advanced Functional Materials, 35 巻, PP.10, 2025 年

論文名 : Utilization of Okara As a Culture Medium By Membrane Concentration Process for High Oil Production By Oleaginous Yeast, *Lipomyces Starkeyi*

著者名 : Taki, H; Mine, K; Miyamoto, M; Seto, J; Matsuo, S; Kumagai, K; Matsuyama, H

掲載誌, 巻, ページ : Fermentation-Basel, 11 巻, PP.1, 2025 年

論文名 : Reduction of Polyketone Membranes Prepared By Thermally Induced Phase Separation with Solvent Co-Extrusion for Enhanced Fouling Resistance

著者名 : Xiang, S; Gonzales, RR; Li, BW; Zhang, PF; Matsuyama, H

掲載誌, 巻, ページ : Separation and Purification Technology, 353 巻, PP.128119, 2025 年

論文名 : Bioinspired Hierarchical Structure with Intensified Anti-Scaling Capacity for Real Seawater Membrane Distillation

著者名 : Li, BW; Zhang, PF; Li, Z; Xiang, S; Li, C; Zhang, AW; Guan, KC; Mai, ZH; Hu, MY; Yoshioka, T; Matsuyama, H

掲載誌, 巻, ページ : Desalination, 601 巻, PP.118539, 2025 年

論文名 : Utilization of Okara As a Culture Medium By Membrane Concentration Process for High Oil Production By Oleaginous Yeast (Vol 11, 7, 2025)

著者名 : Taki, H; Mine, K; Miyamoto, M; Seto, J; Matsuo, S; Kumagai, K; Matsuyama, H

掲載誌, 巻, ページ : Fermentation-Basel, 11 巻, PP.136, 2025 年

論文名 : Fouling-Resistant Superhydrophobic Polyketone Membranes Modified with Fluorine-Containing Silica for Water-In-Oil Emulsion Separation

著者名 : Nakagawa, K; Watanabe, T; Tabuchi, M; Aulia, MP; Gonzales, RR; Kitagawa, T; Okamoto, Y; Zhang, PF; Matsuoka, A; Kamio, E; Yoshioka, T; Matsuyama, H

掲載誌, 巻, ページ : Journal of Membrane Science, 713 巻, PP.123309, 2025 年

論文名 : Hierarchically Structured Porous Polyamide-Imide Membrane for Switchable Emulsion Separation

著者名 : Zhang, PF; Li, BW; Gonzales, RR; Guan, KC; Mai, ZH; Li, Z; Hu, MY; Dai, LH; Xu, P; Nakagawa, K; Yoshioka, T; Matsuyama, H

掲載誌, 巻, ページ : Advanced Materials, 37 巻, PP.19, 2025 年

論文名 : Ultramicroporous Troger's Base Framework Membranes with Ionized Sub-Nanochannels for Efficient Acid/Alkali Recovery

著者名 : Sun, HP; Gan, N; Lin, YQ; Wu, BL; Qiu, YL; Su, JW; Zhou, ZD; Zou, FY; Yu, JG; Matsuyama, H

掲載誌, 巻, ページ : Advanced Science, 12 巻, PP.9, 2025 年

論文名 : Fabrication of Omniphobic PVDF Membrane with SiO<sub>2</sub>-FeOOH Hierarchical Structures for Robust Membrane Distillation

著者名 : Xu, J; Xia, LB; Liu, JX; Guan, KC; Luo, P; Matsuyama, H; Zou, D; Zhong, Z  
X 掲載誌, 巻, ページ : Journal of Membrane Science, 713 巻, PP.123252, 2025 年

論文名 : Ultrathin Surface-Amination-Modified Membrane with Ion-Charge Shielding Effect for Ultrasensitive Nanofiltration

著者名 : Song, QQ; Lin, YQ; Gan, N; Sadam, H; An, YG; Wang, Z; Guan, KC; Zhu, JY; Wang, J; Zhang, YT; Matsuyama, H

掲載誌, 巻, ページ : Desalination, 597 巻, PP.118325, 2025 年

論文名 : Fundamental Investigation On a New Methodology to Fabricate Thin Ion Gel Membranes for CO<sub>2</sub> Separation

著者名 : Zhang, JH; Akita, S; Kamio, E; Mei, JY; Wang, YQ; Matsuoka, A; Nakagawa, K; Yoshioka, T; Matsuyama, H

掲載誌, 巻, ページ : Separation and Purification Technology, 359 巻, PP.130499, 2025 年

論文名 : Surface Repair Engineering of Polyamide Membranes for High-Performance Organic Solvent Reverse Osmosis

著者名 : Fu, WM; Hu, MY; Guan, KC; Wang, Z; Fang, S; Shi, YX; Zhang, PF; Wu, HD; Zhou, ZH; Matsuyama, H

掲載誌, 巻, ページ : Journal of Membrane Science, 723 巻, PP.123921, 2025 年

論文名 : Heterostructured Polyamide Membrane with Dual-Charge Effects for Ultra-Selective Nanofiltration

著者名 : Qiu, YL; Gan, N; Lin, YQ; Wu, BL; Yu, JG; Matsuyama, H

掲載誌, 巻, ページ : Journal of Membrane Science, 720 巻, PP.123774, 2025 年

論文名 : High-Performance Organic Solvent Nanofiltration Membrane Enabled By Polar Cross-Linked Sulfonated Polyaniline Separation Layer

著者名 : Jiang, S; Hu, MY; Duan, SF; Guan, KC; Zhang, PF; Shi, HF; Liu, XK; Matsuyama, H

掲載誌, 巻, ページ : Desalination, 607 巻, PP.118819, 2025 年

論文名 : Treatment of High-Strength Wastewater with Coupled Flocculation and Membrane Filtration Prior to Ammoniacal Nitrogen Enrichment By Osmotically Assisted Reverse Osmosis

著者名 : Gonzales, RR; Nakagawa, K; Hasegawa, S; Kumagai, K; Matsuoka, A; Okamoto, Y; Li, Z; Mai, ZH; Yoshioka, T; Hori, T; Matsuyama, H

掲載誌, 巻, ページ : Separation and Purification Technology, 352 巻, PP.128159, 2025 年

論文名 : Uio-66-NH<sub>2</sub>: Sourcing Amino Groups From Natural Material and Their Application in Membranes for Water Contaminants Removal

著者名 : Istirokhatun, T; Fajrina, AN; Susanto, H; Gonzales, RR; Desiriani, R; Matsuyama, H

掲載誌, 巻, ページ : Chemical Engineering Journal, 509 巻, PP.160183, 2025 年

論文名 : Supramolecular-Coordinated Nanofiltration Membranes with Quaternary-Ammonium Cyclen for Efficient Lithium Extraction From High Magnesium/Lithium Ratio Brine

著者名 : Gan, N; Lin, YQ; Wu, BL; Qiu, YL; Sun, HP; Su, JW; Yu, JG; Lin, Q; Matsuyama, H

掲載誌, 巻, ページ : Water Research, 268 巻, PP.122703, 2025 年

論文名 : Comprehensive Review of Nanofiltration Membranes for Efficient Resource Recovery From Textile Wastewater

著者名 : Liu, YY; Zhu, JY; Chi, MS; Van Eygen, G; Guan, KC; Matsuyama, H

掲載誌, 巻, ページ : Chemical Engineering Journal, 506 巻, PP.160132, 2025 年

論文名 : Self-Aggregation Control of Porphyrin for Enhanced Selective Covalent Organic Network Membranes

著者名 : Wang, Z; Nakagawa, K; Guan, KC; Hu, MY; Mai, ZH; Fu, WM; Shen, Q; Okamoto, Y; Matsuoka, A; Kamio, E; Yoshioka, T; Matsuyama, H

掲載誌, 巻, ページ : Small, 21 巻, PP.13, 2025 年

論文名 : A Review of The Nanofiltration Membrane for Magnesium and Lithium Separation From Salt-Lake Brine

著者名 : Zhang, L; Hu, MY; He, BQ; Pei, HC; Li, XH; Matsuyama, H

掲載誌, 巻, ページ : Separation and Purification Technology, 354 巻, PP.129169, 2025 年

論文名 : Carbon Nanotube Intermediate Layer Intercalation and Its Influence On Surface Charge of Thin Film Composite Membrane

著者名 : Deng, LY; Gonzales, RR; Thomas, J; Takagi, R; Fu, WM; Liu, CL; Xiang, S; Matsuyama, H

掲載誌, 巻, ページ : Composites Part B-Engineering, 289 巻, PP.111951, 2025 年

論文名 : Deciphering The Mechanism Insights of Carbon Nitride Mediated Thin Film Nanocomposite Membrane Towards Advanced Nanofiltration

著者名 : Sadam, H; Lu, X; An, YG; Song, QQ; Li, DY; Dong, GY; Zhu, JY; Lin, YQ; Wang, J; Matsuyama, H; Zhang, YT

掲載誌, 巻, ページ : Journal of Membrane Science, 717 巻, PP.123533, 2025 年

論文名 : Multiscale Insights Into Polyamide Membrane Fouling During Reverse Osmosis of Rare Earth Wastewater

著者名 : Mai, ZH; Shi, YX; Li, BW; Han, S; Sun, YX; Zhu, HC; Xu, P; Hu, MY; Yoshioka, T; Matsuyama, H

掲載誌, 巻, ページ : Journal of Membrane Science, 715 巻, PP.123445, 2025 年

論文名 : Novel Dissolution-Phase Inversion Strategy for The Green and High-Flux PVDF Membranes for Membrane Distillation

著者名 : Zou, D; Xia, LB; Miao, K; Guan, KC; Matsuyama, H; Drioli, E; Zhong, Z

X 掲載誌, 巻, ページ : Journal of Membrane Science, 717 巻, PP.123572, 2025 年

論文名 : Tailored Design of Nanofiltration Membrane for Endocrine Disrupting Compounds Removal: Mechanisms, Current Advancements, and Future Perspectives

著者名 : Liu, YY; Matsuyama, H; Jin, PR; Chi, MS; Xu, DL; Zheng, JF; Dai, ZD

掲載誌, 巻, ページ : Separation and Purification Technology, 361 巻, PP.131471, 2025 年

論文名 : One-Pot Fabrication of Highly Permeable P84/Uio-66-NH<sub>2</sub>-PEI Membrane for The Efficient Removal of Heavy Metals From Wastewater

著者名 : Liu, YY; Liu, YL; Wang, HB; Chi, MS; Matsuyama, H; Guo, YL; Li, Y; Liu, RR; Wouters, C; Chen, YH; Zheng, JF; Dai, ZD; Van Der Bruggen, B

掲載誌, 巻, ページ : Separation and Purification Technology, 354 巻, PP.129022, 2025 年

論文名 : Open and FAIR Data for Nanofiltration in Organic Media: a Unified Approach

著者名 : Van Buggenhout, S; Ignacz, G; Caspers, S; Dhondt, R; Lenaerts, M; Lenaerts, N; Hosseinabadi, SR; Nulens, I; Koeckelberghs, G; Ren, Y; Lively, RP; Rabiller-Baudry, M; Lim, KM; Ghazali, N; Coronas, J; Abelj, M; Wessling, M; Skiborowski, M; Oxley, A; Hann, SJ; Livingston, A; Yi, Z; Gao, CJ; Guan, KC; Gonzales, RR; Matsuyama, H; Bettahalli, SNM; Mccutcheon, JR; Radmanesh, F; Benes, NE; Tashvigh, AA; Fang, Q; Zhang, KS; Chen, GN; Jin, WQ; Zhang, YT; Zhang, CX; Liu, ML; Sun, SP; Buekenhoudt, A; Zhao, C; Van Der Bruggen, B; Kim, JF; Condes, LC; Webb, MT; Galizia, M; Alhazmi, B; Upadhyaya, L; Nunes, SP; Kim, DW; Schröter, H; Kragl, U; Störtte, S; Vorholt, AJ; Culfaz-Emecen, PZ; Pizzoccaro-Zilamy, MA; Winnubst, L; Yushkin, A; Volkov, A; Chau, J; Sirkar, KK; Lu, S; Szekely, G; Vankelecom, I; Verbeke, R

掲載誌, 巻, ページ : Journal of Membrane Science, 713 巻, PP.123356, 2025 年

論文名 : Selective Synthesis of Hydroquinone via The Liquid-Phase Oxidation of Benzene Over Cu(II)-2,2'-Bipyridine Complexes in a Slug Flow Reactor

著者名 : Noguchi, I; Ichihashi, Y

掲載誌, 巻, ページ : Journal of The Japan Petroleum Institute, 68 巻, PP.27-35, 2025 年

[著書]

なし

[特許]

出願人 : 国立大学法人神戸大学

発明者 : 中川敬三, 北河享, 中塚修志, 吉岡朋久, 熊谷和夫, 松山秀人

出願日 : 2024 年 4 月 23 日

出願番号 : 2024-070115

出願人 : 国立大学法人神戸大学、ほか 1 名

発明者 : 加藤典昭, 松山秀人, ほか 4 名

出願日 : 2024 年 7 月 18 日

出願番号 : PCT/JP2024/025865

出願人 : 国立大学法人神戸大学

発明者 : 松山秀人, 熊谷和夫, HU MENGYANG

出願日 : 2024 年 8 月 29 日

出願番号 : 2024-147480

出願人 : 国立大学法人神戸大学、ほか 1 名

発明者 : 松山秀人, 北河享, ほか 2 名

出願日 : 2024 年 10 月 3 日

出願番号 : 2024-174378

出願人 : 国立大学法人神戸大学

発明者 : 中川敬三, 王崢, 吉岡朋久, 松山秀人

出願日 : 2024 年 10 月 18 日

出願番号 : 2024-184431

出願人 : 国立大学法人神戸大学、ほか 1 名

発明者 : 松山秀人, 熊谷和夫, ほか 2 名

出願日 : 2024 年 11 月 1 日

出願番号 : 2024-192907

出願人：国立大学法人神戸大学、ほか1名  
発明者：吉岡朋久，松山秀人，李湛，ほか4名  
出願日：2024年12月20日  
出願番号：PCT/JP2024/045099

出願人：国立大学法人神戸大学  
発明者：塩見尚史，松山秀人，中塚修志  
出願日：2025年1月14日  
出願番号：2025-004827

出願人：国立大学法人神戸大学  
発明者：中川敬三，王崢，吉岡朋久，松山秀人  
出願日：2025年2月28日  
出願番号：PCT/JP2025/007334

出願人：国立大学法人神戸大学、ほか1名  
発明者：加藤典昭，松山秀人，松岡淳，ほか2名  
出願日：2025年2月28日  
出願番号：PCT/JP2025/007075

出願人：国立大学法人神戸大学、ほか1名  
発明者：加藤典昭，松山秀人，松岡淳，ほか2名  
出願日：2025年2月28日  
出願番号：PCT/JP2025/007076

出願人：国立大学法人神戸大学  
発明者：中川敬三，北河享，中塚修志，吉岡朋久，熊谷和夫，松山秀人  
出願日：2025年3月21日  
出願番号：PCT/JP2025/011251

出願人：国立大学法人神戸大学、ほか1名  
発明者：松山秀人，長谷川進，加藤典昭，ほか3名  
出願日：2025年3月26日  
出願番号：2025-052565

## 5. 関連活動及び特記事項

### (1) 外部資金等(外部資金名(種目), 代表者名, 研究タイトル, 当該年度の受入金額を記載)

- 外部資金名：科学研究費補助金  
研究種目：基盤研究（A）  
代表者名：松山 秀人  
研究課題名：革新的水処理および創エネルギー技術の構築を目指した次世代型正浸透膜法の体系化  
受入金額：5,600,000 円
  
- 外部資金名：科学研究費補助金  
研究種目：挑戦的研究（萌芽）  
代表者名：松山 秀人  
研究課題名：これまでにない先駆的な有機溶剤超ろ過膜法の創製による未来型化学プロセスの実現  
受入金額：1,500,000 円
  
- 外部資金名：科学研究費補助金  
研究種目：基盤研究（C）  
代表者名：熊谷 和夫  
研究課題名：希薄有機溶媒水溶液の新たな膜ろ過分離による高度濃縮法の開発  
受入金額：1,000,000 円
  
- 外部資金名：科学研究費補助金  
研究種目：若手研究  
代表者名：Guan Kecheng  
研究課題名：Development of continuous layer coated membrane for fouling-resistant membrane distillation  
受入金額：600,000 円
  
- 外部資金名：科学研究費補助金  
研究種目：若手研究  
代表者名：松岡 淳  
研究課題名：動的共有結合化学を応用した機能性ポリマーの開発と正浸透膜分離への応用  
受入金額：1,800,000 円

- 外部資金名：科学研究費補助金  
研究種目：若手研究  
代表者名：Li Zhan  
研究課題名：Study on mitigation of gypsum scaling during membrane distillation operation  
受入金額：2,700,000 円
  
- 外部資金名：科学研究費補助金  
研究種目：研究活動スタート支援  
代表者名：Xu Ping  
研究課題名：Optimizing Nanofiltration Membranes for Unprecedented Ultra-Fast Lithium Extraction  
受入金額：300,000 円
  
- 外部資金名：科学研究費補助金  
研究種目：研究活動スタート支援  
代表者名：Zhang Pengfei  
研究課題名：Fabrication of omniphobic PVDF hollow fiber membrane with hierarchical structure via co-extrusion technology for anti-wetting and anti-fouling membrane distillation  
受入金額：400,000 円
  
- 外部資金名：NEDO ムーンショット型研究開発事業  
代表者名：松山 秀人  
研究題目：産業活動由来の希薄な窒素化合物の循環技術創出—プラネタリーバウンダリー問題の解決に向けて  
受入金額：94,222,000 円
  
- 外部資金名：益田乾次郎・昭一郎奨学寄付金  
代表者名：松山 秀人  
研究題目：奨学寄附金  
受入金額：1,000,000 円
  
- 外部資金名：一般財団法人 ノーリツぬくもり財団奨学寄附金  
代表者名：神尾 英治  
研究題目：奨学寄附金  
受入金額：3,000,000 円

- 外部資金名：その他奨学寄附金  
受入金額：20,572,000円
  
- 外部資金名：公益財団法人川西記念新明和教育財団研究助成金  
代表者名：松岡 淳  
研究題目：奨学寄附金  
受入金額：1,000,000円
  
- 外部資金名：公益財団法人ひょうご科学技術協会研究助成  
代表者名：松岡 淳  
研究題目：奨学寄附金  
受入金額：1,000,000円
  
- 外部資金名：マツダ研究助成金  
代表者名：松岡 淳  
研究題目：奨学寄附金  
受入金額：1,000,000円
  
- 外部資金名：公益財団法人川西記念新明和教育財団研究助成金  
代表者名：Guan Kecheng  
研究題目：奨学寄附金  
受入金額：1,000,000円
  
- 外部資金名：共同研究・受託研究  
受入金額：116,410,000円

(2) 受賞（賞名称, 受賞対象, 受賞者名, 授与機関名、受賞年・月）

日本膜学会第45年会 学生賞  
（授与機関名：日本膜学会, 対象研究テーマ：Polyamide Membranes for Efficient Polar Solvent Separation）  
受賞者名：Aiwen Zhang                      受賞年月：2024年6月

日本膜学会第45年会 学生賞  
（授与機関名：日本膜学会, 対象研究テーマ：フッ素含有 TiO<sub>2</sub>-ZrO<sub>2</sub>-有機キレート配位子(OCL)複合膜の逆浸透分離特性）  
受賞者名：松岡 希                      受賞年月：2024年6月

The 14th conference of the Aseanian Membrane Society (AMS14) Excellent Poster Presentation Award

(授与機関名：Aseanian Membrane Society, 対象研究テーマ：Polyketone membrane modification using natural hydrophobic material for enhancement of water fouling resistance and water-in-oil emulsion separation performance)

受賞者名：Muhammad Prayogie Aulia 受賞年月：2024年7月

化学工学会第55回秋季大会 ポスター賞

(授与機関名：化学工学会, 対象研究テーマ：High-polarity Polyamide Membranes for Efficient Polar Solvent Separation)

受賞者名：Aiwen Zhang 受賞年月：2024年9月

化学工学会第55回秋季大会 ポスター賞

(授与機関名：化学工学会, 対象研究テーマ：Low temperature induced interfacial polymerization of nanofiltration membrane for the efficient separation of  $Mg^{2+}$  and  $Li^+$ )

受賞者名：Shaofan Duan 受賞年月：2024年9月

化学工学会第55回秋季大会 ポスター賞

(授与機関名：化学工学会, 対象研究テーマ：Functionalization of Natural Hydrophobic Material on Porous Polyketone Membrane for Water-in-Oil (W/O) Emulsion Separation)

受賞者名：Muhammad Prayogie Aulia 受賞年月：2024年9月

化学工学会第55回秋季大会 ポスター賞

(授与機関名：化学工学会, 対象研究テーマ：イオン液体中で形成されるラジカル共重合体による高強度イオンゲルの作製)

受賞者名：小林 寛 受賞年月：2024年9月

膜シンポジウム2024 学生賞

(授与機関名：日本膜学会, 対象研究テーマ：ポリケトン中空糸膜を利用した高透過性酸化グラフェン積層型有機溶剤ナノろ過膜の開発)

受賞者名：門口 遥香 受賞年月：2024年11月

膜シンポジウム2024 学生賞

(授与機関名：日本膜学会, 対象研究テーマ：疑似反応シミュレーションを用いたポリアミド膜の作製及び準非平衡透過シミュレーションによる透水性の評価)

受賞者名：西川 天海 受賞年月：2024年11月

膜シンポジウム 2024 学生賞

(授与機関名：日本膜学会，対象研究テーマ：ラジカルコポリマーネットワークの形成によるイオン液体の高強度ゲル化技術に関する検討)

受賞者名：小林 寛 受賞年月：2024 年 11 月

膜シンポジウム 2024 学生賞

(授与機関名：日本膜学会，対象研究テーマ：界面重合法による tetra-PEG イオンゲル薄膜複合膜の創製に関する基礎的検討)

受賞者名：木村 祥吾 受賞年月：2024 年 11 月

分離技術会年会 2024 学生賞

(授与機関名：日本膜学会，対象研究テーマ：ポルフィリン修飾酸化グラフェン積層膜の作製と有機溶剤ナノろ過特性)

受賞者名：前坂 嘉人 受賞年月：2024 年 12 月

第 27 回化学工学会学生発表会 優秀賞

(授与機関名：化学工学会，対象研究テーマ：分子シミュレーションによる多孔性  $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$  ガス分離膜モデルの作製と構造評価)

受賞者名：藤澤 拓 受賞年月：2025 年 3 月

第 27 回化学工学会学生発表会 優秀賞

(授与機関名：化学工学会，対象研究テーマ：Tetra-PEG イオンゲル  $\text{CO}_2$  分離機能層を有する薄膜複合中空糸膜の開発)

受賞者名：森 晴 受賞年月：2025 年 3 月

化学工学会第 90 年会 優秀学生賞

(授与機関名：化学工学会，対象研究テーマ：多孔性  $\text{TiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ -ダブルキレート配位子(bi-OCL)複合水素分離膜の気体分離特性)

受賞者名：中野 紘汰 受賞年月：2025 年 3 月

化学工学会第 90 年会 優秀学生賞

(授与機関名：化学工学会，対象研究テーマ：PDMS-PEG ブロックコポリマー修飾 PDMS 層とイオンゲル分離機能層からなる薄膜複合膜の創製)

受賞者名：砂池 優和 受賞年月：2025 年 3 月

### (3) 研究集会の開催

研究集会名：Ryan P. Lively 教授（米国・ジョージア工科大学）特別講演会「Membrane technologies are key enablers of the energy transition」

主催団体：神戸大学先端膜工学研究センター

開催日：2024年11月15日

場所：オンライン会議システム

### (4) その他，統合研究拠点での研究活動と関連のある特記事項

特記事項なし

令和7年5月27日

## 令和6年度 神戸大学統合研究拠点利用状況報告書

### 1. 研究概要

研究テーマ	惑星科学国際研究プロジェクト
研究代表者 部局・専攻・氏名	理学研究科惑星学専攻 牧野 淳一郎
入居室番号	本館 ・ <u>子ネックス</u> 301～315号室
外部資金 獲得実績	科学研究費補助金 39,260千円, 受託研究経費 141,611千円 奨学寄附金 3,000千円, 共同研究経費 26,100千円
特許出願件数	0件, 論文発表件数 32件(査読有), 著書数 0件

## 2. 研究チームメンバーとその役割分担

氏名	部局・専攻	役割分担
牧野 淳一郎	理学研究科惑星学専攻	CPS センター長 計算宇宙惑星科学
福山 克司	理学研究科数学専攻	CPS 副センター長 一様分布論と間隙級数論の確率論的研究
荒川 政彦	理学研究科惑星学専攻	CPS 研究員 微惑星や小惑星の衝突現象に関する実験的研究
大槻 圭史	理学研究科惑星学専攻	CPS 研究員 衛星・リング系の起源および太陽系小天体観測に関する研究
高橋 芳幸	理学研究科惑星学専攻	CPS 研究員 金星大気熱構造の熱力学モデル依存性の研究
中村 昭子	理学研究科惑星学専攻	CPS 研究員 高速度エジェクタ形状分布の二次標的による検出
斎藤 貴之	理学研究科惑星学専攻	CPS 研究員 窒素過剰高赤方偏移銀河の形成過程について
山崎 和仁	理学研究科惑星学専攻	CPS 研究員 カオスとカタストロフの共存
保井 みなみ	理学研究科惑星学専攻	CPS 研究員 氷天体への大規模衝突クレーター生成の再現実験
樫村 博基	理学研究科惑星学専攻	CPS 研究員 火星・金星大気のグローバル高解像度計算と機械学習による解析
寛 楽磨	理学研究科惑星学専攻	CPS 研究員 高密度強震観測網による 2024 年能登半島沖地震強震動解析、九州弧域での強震動特徴の震源震度依存性
平田 直之	理学研究科惑星学専攻	CPS 研究員 木星衛星ガニメデの起源と進化に関する理論研究
大道 英二	理学研究科物理学専攻	CPS 研究員 強磁場とナノ計測技術を用いた精密物性実験
林 祥介	理学研究科惑星学専攻	特命教授 惑星大気シミュレーションモデルの開発と大気循環構造の解明
大淵 済	惑星科学研究センター	特命教授 運動エネルギー散逸の大気大気循環構造への影響
松嶋 俊樹	惑星科学研究センター	特命助教 放射過程を導入した金星大気大気循環モデルを用いたデータ同化研究と全球ラグランジュ的輸送モデルの開発
綱島 隆太	惑星科学研究センター	特命助教 MN-Core 向け汎用プログラミング言語とその処理系の研究
吉田 雄城	惑星科学研究センター	特命助教 分子動力学シミュレーションで探るダストモノマー間相互作用

### 3. 研究成果の概要等について

本プロジェクトでは、G-COE プログラム(2008～2012 年度)「惑星科学国際教育研究拠点の構築」で提唱した理念を实践する理学研究科附属惑星科学研究センター(CPS: Center for Planetary Science)を担い、天文学から地球科学にわたる全国の研究者の連携融合を促し、惑星・惑星系の形成進化多様性と惑星表層環境の可能な姿を探究する総合的な研究を推進し、生命の発生と生存の議論へとつなげるべく活動を展開しています。2024 年度は特に以下の 3 点を軸に、特に惑星科学計算基盤の構築・維持に注力しつつ、活動を行いました。

#### (1) 計算惑星学分野の研究推進事業

実験が不可能な銀河の形成・進化や惑星の起源・進化や惑星環境の変動といった現象を、「富岳」などのスーパーコンピュータを活用した大規模数値シミュレーションを実現することによって解明する。また、「富岳」等の計算環境の進展に応じた数値計算・データ解析ソフトウェアの開発を推進するとともに、計算ハードウェアの開発にも関与する。

#### (2) 研究交流事業

国内外の著名講師による惑星科学一般の最先端講義と国際交流の場を提供する。また、多数の実習・セミナー等を支援する。

#### (3) ネット図書館事業

上記(1) - (2)の活動で得られた知見をウェブ上に集積公開し、分野横断的な教育研究活動を奨励する。

これらによって、米国の LPI(Lunar and Planetary Institute, <https://www.lpi.usra.edu/>)、あるいは、欧州の ISSI(International Space Science Institute, <https://www.issibern.ch/>)に類した研究教育を触媒するというユニークな機能を CPS において維持し、我が国当該分野の中核に位置して、神戸大学のプレゼンス向上に当該分野から寄与してきました。

惑星科学・地球科学・宇宙生物学で扱う現象は観測・実験だけでは探求不可能な対象を多々有するため、計算科学やデータ科学の手法を用いたアプローチが必須であります。これについて、次世代高機能計算機を含む様々な計算資源の活用による惑星・惑星系の形成進化多様性の研究、データ同化に象徴される観測とシミュレーションの融合、また、これらに必要となる計算環境やソフトウェアの開発を主な目的として活動を展開するとともに、全国の関連研究者との連携を促進しました。

高機能計算機の活用としては、昨年度から引き続き文部科学省委託研究事業「富岳成果創出加速プログラム」(シミュレーションと AI の融合で解明する宇宙の構造と進化)の分担機関となり、国内十か所超の大学等研究機関と連携して理化学研究所のスーパーコンピュータ「富岳」等による大規模シミュレーションの研究開発とそこでの AI アルゴリズムの活用、そしてそれらに関連した研究会やソフトウェア講習会を開催あるいは開催支援しました。銀河や惑星形成のための多体問題計算ソフトウェア開発研究や金星・火星から系外惑星に至る汎惑星気象学・気候学のためのシミュレーションモデルの開発研究の推進もこれらに含まれます。

データ科学の手法を用いたアプローチとしては、昨年度までの基盤研究 S「あかつきデータ同化が明らかにする金星大気循環の全貌」(代表:林祥介)を継承する基盤研究 S「波と対流が形作る金星大気大循環:地表から超高層大気まで」の分担機関となって、引き続き金星大気の構造解

明に迫るべく「あかつき」観測と数値シミュレーションの融合によるデータ同化研究の推進に努めました。

その他惑星科学の様々な側面に関して、研究者ならびに若手の交流を促す機会を提供し、研究推進と展開の促進に努めました。次期火星衛星探査計画(MMX: Martian Moons eXploration)においては、CPS サーバが計画推進の情報基盤を担っています。また、系外惑星を含む地球型惑星大気研究については、自然科学研究機構アストロバイオロジーセンター(ABC)との共催で、地球型(岩石)惑星の表層環境が地球的事であること、すなわち、表層に液相の水が存在する生命生存可能惑星であること、の条件を規定する暴走温室状態の発現にフォーカスをあてた CPS & ABC ワークショップ「地球型惑星気候を多角的に考える」を開催(2025年2月20日~25日、於 CPS ならびにオンライン)し、惑星大気構造の多様性を理論的に探求しているカナダビクトリア大学の Colin Goldblatt 氏を主講師に招聘、国内からは、マグマオーシャン状態にある初期惑星環境とその冷却進化過程、そこでの大気散逸効果の影響、表層に水の絶対量が少ない陸惑星環境での暴走温室状態の発現、さらに、系外惑星観測の近年の進展など様々な関係専門家を招聘して講演と議論を行い、新たな研究展開への萌芽を得ることができました。

新たな計算アーキテクチャ開発事業としては、2022年度・2023年度に引き続き文部科学省の「次世代計算基盤にかかる調査研究」事業に2つ採択されたシステム研究チームの1つの代表として、ポスト「富岳」の次世代計算基盤がどのようになるべきかの調査研究を進めたほか、理学研究科に設置された株式会社 Preferred Networks との共同研究講座である惑星計算学習学講座と緊密に協力し、機械学習向けプロセッサのアーキテクチャ開発と機械学習向けプロセッサによるシミュレーション、シミュレーションと機械学習の統合の研究を始めています。

株式会社テラピクセル・テクノロジーズとの共同研究部門である高性能プロセッサコデザイン部門では、大規模シミュレーション・人工知能・データサイエンス応用に特化した高性能プロセッサを、アプリケーション開発・それによる惑星学を中心とするサイエンス研究と一体となって推進し、シミュレーションやデータサイエンス等の手法による惑星学・計算科学の発展を推し進めました。

本プロジェクトで主催・共催した全ての研究会・ワークショップ・実習会は、原則、神戸大学統合研究拠点 CPS セミナー室とのオンライン(ZOOM)併用開催としました。また、多くの研究会やセミナーでの知見は CPS サーバに収録し、学内外へ提供、遠隔講義等に活用されました。

令和7年度も、CPS は全国の惑星科学研究、特にその計算科学的側面でのハブとして活動を続けていきます。これによって、神戸大学の惑星科学研究の推進力となると同時に、全国の惑星科学コミュニティと連携し、さらには我が国の計算科学研究全体の推進に寄与する活動を続けていきたいと思っております。具体的活動については CPS のウェブページ(<https://www.cps-jp.org/>)をご覧ください。

## 4. 論文・著書・特許出願リスト

[論文]

- Makoto Miyoshi, Yoshiaki Kato, Junichiro Makino "An independent hybrid imaging of Sgr A\* from the data in EHT 2017 observations" *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 534(4), 3237-3264, 2024.04
- Tomoro Yanase, Shin-ichiro Shima, Seiya Nishizawa, Hirofumi Tomita "Nonlocally coupled moisture model for convective self-aggregation" *arXiv*, 2404.04146, 2024.04
- Masato Nakamura, Minami Yasui, Masahiko Arakawa "High-velocity oblique impact experiments on ice and snow spheres: Implications for the collisional evolution of icy planetesimals at different thermal evolution stages" *Icarus*, Volume 413, 116010, 2024.05
- Mitsuha Noma, Naoyuki Hirata "Investigation of boulder distribution in (1) Ceres and insight into its surface evolution" *Icarus*, Volume 414, 116031, 2024.05
- Yoshiyuki O. Takahashi, Yoshi-Yuki Hayashi, George L. Hashimoto, Kiyoshi Kuramoto, Masaki Ishiwatari, Hiroki Kashimura "Radiative Effects on the Formation of the Stably Stratified Layer in the Lower Atmosphere of Venus" *Journal of the Meteorological Society of Japan, Ser. II* 102(5), 469-483, 2024.05
- Michiko S. Fujii, Long Wang, Ataru Tanikawa, Yutaka Hirai, Takayuki R. Saitoh "Simulations predict intermediate-mass black hole formation in globular clusters" *Science*, Vol 384, Issue 6703, 1488-1492, 2024.05
- Natsuho Maeda, Keiji Ohtsuki, Ryo Suetsugu, Yuhito Shibaïke, Takayuki Tanigawa, Masahiro N. Machida "Delivery of Dust Particles from Protoplanetary Disks onto Circumplanetary Disks of Giant Planets " *The Astrophysical Journal*, 968(2), 62-62, 2024.06
- Eiji Ohmichi, Ryoto Takigawa, Yuma Igo, Hitoshi Ohta "Modified diabolite antennas for broadband enhancement of sub-terahertz oscillating magnetic fields" *Optics Express*, Vol. 32, Issue 13, 22331-22339, 2024.06
- Shota Kikuchi, Kei Shirai, Ko Ishibashi, Koji Wada, Yasuhiro Yokota, Rie Honda, Toshihiko Kadono, Yuri Shimaki, Naoya Sakatani, Kazunori Ogawa, Hirotaka Sawada, Takanao Saiki, Yuya Mimasu, Yuto Takei, Seiji Sugita, Toru Kouyama, Naru Hirata, Satoru Nakazawa, Makoto Yoshikawa, Satoshi Tanaka, Sei-ichiro Watanabe, Yuichi Tsuda, Masahiko Arakawa "Simultaneous geometric calibration and orbit-attitude determination of Hayabusa2's deployable camera (DCAM3)" *Advances in Space Research*, Volume 74, Issue 2, pp899-936, 2024.07
- Yuto Shoji, Eiji Ohmichi, Hideyuki Takahashi, Hitoshi Ohta, "Rapid-scan broadband frequency-domain terahertz spectroscopy via dynamic optical phase lock " *Applied Physics Letters*, 125, 31102, 2024.07
- Yuki Yoshida, Eiichiro Kokubo, Hidekazu Tanaka, "Molecular dynamics simulations of head-on low-velocity collisions between particles" *Physical Review E*, Vol. 110, Iss. 1, 015001, 2024.07

- Yutaka Hirai, Evan N. Kirby, Masashi Chiba, Kohei Hayashi, Borja Anguiano, Takayuki R. Saitoh, Miho N. Ishigaki, Timothy C. Beers "Chemo-dynamical Evolution of Simulated Satellites for a Milky Way-like Galaxy" *The Astrophysical Journal*, 970(2), 12pp, 2024.07
- 小路悠斗, 大道英二, 高橋英幸, 太田仁 "広帯域フォトミキシング光源を用いた高分解能テラヘルツ分光法の開発" *日本赤外線学会誌*, 34号(1), 107-114, 2024.08
- Yusaku Yokota, Masahiko Arakawa, Minami Yasui, Kei Shirai, Sunao Hasegawa "Effects of surface topography on the crater formation process of rubble-pile asteroids" *International Journal of Impact Engineering*, Volume 202, 105325, 2024.08
- Ren Ikeya, Naoyuki Hirata "Gravitational disturbance on asteroidal ring systems by close encounter with a small object" *Icarus*, 418, 116153, 2024.08
- Naoyuki Hirata "Giant impact on early Ganymede and its subsequent reorientation" *Scientific Reports*, 14,1, 19982, 2024.09
- Shin ichi Takehiro, Youhei Sasaki, Keiichi Ishioka, Takeshi Enomoto, Kensuke Nakajima, Yoshi-Yuki Hayashi "Asymptotic profiles of mean zonal flows generated by thermal convection of Boussinesq fluid in a rapidly rotating thin spherical shell" *Icarus*, 420, 116154, 2024.09
- Junichiro Makino, Toshikazu Ebisuzaki, Ryutaro Himeno, Yoshihide Hayashizaki "Fast and accurate short-read alignment with hybrid hash-tree data structure" *Genomics & Informatics*, 22(1), Article number: 19, 2024.10
- H. Ohta, S. Okubo, E. Ohmichi, H. Takahashi, T. Sakurai "What is Multi-extreme THz ESR? Developments and its Applications" *Applied Magnetic Resonance*, 56, 33-55, 2024.10
- Haruna Toyoshima, Masahiko Arakawa, Minami Yasui, Kei Shirai, Sunao Hasegawa, Haruka Sasai "Martian secondary craters imply the existence of liquid water: High velocity impact experiments onto wet sand" *AGU journal*, 2024.11
- Tenri Jinno, Takayuki R. Saitoh, Yoko Funato, Junichiro Makino "Self-consistent N-body simulation of planetesimal-driven migration. I. The trajectories of single planets in the uniform background" *Publications of the Astronomical Society of Japan*, 76(1), 1309-1322, 2024.12
- Katusi Fukuyama, "Metric star discrepancy results for alternating geometric progressions" *Monatshefte für Mathematik*, 206, pp343-360, 2024.12
- Junichi Baba, Takuji Tsujimoto, Takayuki R. Saitoh "Solar System Migration Points to a Renewed Concept: Galactic Habitable Orbits" *The Astrophysical Journal Letters*, Volume976, Number2, 2024.12
- Yuuya Nagaashi, Yoshihiro Furukawa, Akiko M. Nakamura "Surface Energy of Insoluble Organic Matter Simulant: Evaluation Based on Adhesive Force Measured by Centrifugal and Impact Separation Methods" *The Planetary Science Journal*, 6, 34, 2025.02
- Keiya Murashima, Natsuki Hosono, Takayuki R. Saitoh, Takanori Sasaki

- "Modifications of SPH towards three-dimensional simulations of an icy moon with internal ocean" *New Astronomy*, 115, 102320, 2025.02
- Yutaka Hirai, Takayuki R. Saitoh, Michiko S. Fujii, Katsuhiko Kaneko, Timothy C. Beers "SIRIUS: Identifying Metal-poor Stars Enriched by a Single Supernova in a Dwarf Galaxy Cosmological Zoom-in Simulation Resolving Individual Massive Stars" *The Astrophysical Journal Letters*, 980(2), 2025.02
  - Hidenori Matsui, Kenji Bekki, Madeleine McKenzie, Takayuki R. Saitoh "Formation of massive star clusters with and without iron abundance spreads in a dwarf galaxy merger" *Publications of the Astronomical Society of Japan*, 77(2), 370-380, 2025.02
  - Yutaka Hirai, Takayuki R. Saitoh, Michiko S. Fujii, Katsuhiko Kaneko, Timothy C. Beers "SIRIUS: Identifying Metal-poor Stars Enriched by a Single Supernova in a Dwarf Galaxy Cosmological Zoom-in Simulation Resolving Individual Massive Stars" *The Astrophysical Journal Letters*, Volume980, Number2, 2025.02
  - Kazuhiro Horikawa, Masahiko Arakawa, Minami Yasui, Sunao Hasegawa "Impact strength of cm-to-decimeter scale weak porous targets: Implication for lifetime of boulders on asteroids" *Icarus*, Volume 429, 116449, 2025.03
  - Akira Tsuchiyama, Hirotaka Yamaguchi, Motohiro Ogawa, Akiko M. Nakamura, Tatsuhiro Michikami, Kentaro Uesugi "Abrasion experiments of mineral, rock, and meteorite particles: Simulating regolith particles abrasion on airless bodies" *Icarus*, 429, 116432, 2025.03
  - Anzu Asumi, Kaoru Sato, Masashi Kohma, Yoshi-Yuki Hayashi "Climatology of the Residual Mean Circulation of the Martian Atmosphere and Contributions of Resolved and Unresolved Waves Based on a Reanalysis Data Set" *Journal of Geophysical Research: Planets*, Volume 130, Issue 3, 2025.03
  - Koske Matsubara, Yukari Yamaguchi, Akiko M. Nakamura, Sunao Hasegawa "Spatial and shape distributions of ejecta from hypervelocity impact between rock projectile and metal target" *International Journal of Impact Engineering*, 200, 105252, 2025.06

[著書]

なし

[特許]

なし

## 5. 関連活動及び特記事項

(1) 外部資金等（外部資金名(種目)、代表者名、研究タイトル、当該年度の受入金額を記載)

○外部資金名：科学研究費補助金（研究代表者）

研究種目：基盤研究（A）

代表者名：荒川 政彦

研究課題名：地球型惑星領域での鉄・岩石分別作用による水星の巨大金属コアとM型小惑星の起源

受入金額：7,800千円

研究種目：基盤研究（B）

代表者名：中村 昭子

研究課題名：火星衛星Phobos上の「火星サンプル」が経験した二段階の衝突過程の実験的解明

受入金額：6,370千円

研究種目：基盤研究（B）

代表者名：大槻 圭史

研究課題名：巨大惑星の衛星系形成における初期条件と材料物質混合過程の解明

受入金額：5,460千円

研究種目：基盤研究（B）

代表者名：保井 みなみ

研究課題名：大規模クレーター形成に伴う地下氷の融解と地下ハビタブルゾーンの生成可能性

受入金額：4,290千円

研究種目：基盤研究（C）

代表者名：黒崎 健二

研究課題名：天体衝突が引き起こす衛星形成過程および衝突後の惑星進化過程の解明

受入金額：1,560千円

研究種目：基盤研究（C）

代表者名：福山 克司

研究課題名：一様分布論の解析的研究

受入金額：1,300千円

研究種目：挑戦的研究（開拓）

代表者名：荒川 政彦

研究課題名：マグマオーシャンへの微惑星衝突再現実験

受入金額：3,770千円

研究種目：研究活動スタート支援

代表者名：吉田 雄城

研究課題名：分子動力学シミュレーションを用いたダストモノマー間相互作用モデルの開発

受入金額：1,300千円

○外部資金名：科学研究費補助金（研究分担者）

研究種目：基盤研究（S）

代表者名：今村 剛（東京大学） 分担者：檜村 博基

研究課題名：波と対流が形作る金星大気大循環：地表から超高層大気まで

受入金額：6,240千円

研究種目：基盤研究（B）

代表者名：竹広 真一（京都大学） 分担者：高橋 芳幸

研究課題名：地球流体力学的アプローチによる木星型惑星大気の研究

受入金額：260千円

研究種目：基盤研究（B）

代表者名：藤井 通子（東京大学） 分担者：斎藤 貴之

研究課題名：星一つ一つを分解したシミュレーションで探る大質量星団形成過程

受入金額：65千円

研究種目：基盤研究（C）

代表者名：馬場 淳一（鹿児島大学） 分担者：斎藤 貴之

研究課題名：銀震学：衛星銀河はどのように天の川銀河を震わせ、星をつくったのか？

受入金額：390千円

研究種目：基盤研究（C）

代表者名：須田 拓馬（東京工科大学） 分担者：斎藤 貴之

研究課題名：大質量星連星を手がかりとする初代星と重力波起源天体の探査

受入金額：325千円

研究種目：基盤研究（C）

代表者名：石渡 正樹（北海道大学） 分担者：高橋 芳幸

研究課題名：陸惑星気候の多様性に関する数値的研究

受入金額：130千円

○外部資金名：科学技術試験研究委託事業 文部科学省

代表者名：牧野 淳一郎

研究題目：次世代計算基盤に係る調査研究（システム調査研究）

受入金額：136,282千円

○外部資金名：共同研究 株式会社Preferred Network

代表者名：牧野 淳一郎

研究題目：惑星計算学習学講座

受入金額：22,100千円

○外部資金名：受託事業 独立行政法人日本学術振興会

代表者名：荒川 政彦

研究題目：宇宙惑星科学分野に関する学術研究動向

受入金額：1,560千円

- 外部資金名：共同研究 大学共同利用機関法人自然科学研究機構アストロバイオロジーセンター  
代表者名：牧野 淳一郎, 林 祥介  
研究題目：CPSと推進する惑星科学研究における新グループ形成プログラム  
受入金額：4,000千円
  
- 外部資金名：受託研究 文部科学省高性能汎用計算機高度利用事業費補助金  
代表者名：大須賀 健（筑波大学） 分担者：牧野 淳一郎, 斎藤 貴之, 檜村 博基  
研究題目：「富岳」成果創出加速プログラム宇宙の構造形成と進化から惑星表層環境変動までの  
統一的描像の構築  
受入金額：3,769千円
  
- 外部資金名：寄付金  
代表者名：大道 英二  
研究題目：公益財団法人立石科学技術振興財団研究助成（A）  
受入金額：2,500千円
  
- 外部資金名：寄付金  
代表者名：松嶋 俊樹  
研究題目：研究助成金  
受入金額：500千円

(2) 受賞 (賞名称, 受賞対象, 受賞者名, 授与機関名, 受賞年・月)

- ・ 2024 年度 HPCI ソフトウェア賞 優秀賞 受賞年月 : 2024 年 5 月  
授与機関名 : 一般社団法人 HPCI コンソーシアム  
ソフトウェア名 : FDPS(Framework for Developing Particle Simulators)  
受賞者名 : 牧野 淳一郎 (FDPS 開発者チーム)
- ・ 2024 年度 HPCI ソフトウェア賞 奨励賞  
受賞年月 : 2024 年 5 月  
授与機関名 : 一般社団法人 HPCI コンソーシアム  
ソフトウェア名 : ASURA+BRIDGE  
受賞者名 : 斎藤 貴之 (SIRIUS project)

(3) 研究集会の開催 (統合研究拠点での研究活動と関連の深いものに限る)

研究集会名 : GFD オンラインセミナー第 14 回 (主催 : 地球流体電脳倶楽部)  
開催日 : 2024 年 6 月 3 日  
場所 : オンライン

研究集会名 : GFD オンラインセミナー第 15 回 (主催 : 地球流体電脳倶楽部)  
開催日 : 2024 年 6 月 6 日  
場所 : オンライン

研究集会名 : 惑星大気研究会 (WTK) 第 126 回オンラインセミナー  
開催日 : 2024 年 7 月 22 日  
場所 : オンライン

研究集会名 : The 14th meeting on Cosmic Dust  
開催日 : 2024 年 8 月 5-9 日  
場所 : 名古屋大学

研究集会名 : FDPS 初級講習会 (C++, Fortran 対応)  
開催日 : 2024 年 9 月 6 日  
場所 : オンライン

研究集会名 : 惑星科学フロンティアセミナー  
開催日 : 2024 年 9 月 16-19 日  
場所 : しんしのつ温泉たっぷの湯

研究集会名 : GFD オンラインセミナー第 16 回  
開催日 : 2024 年 10 月 15 日  
場所 : オンライン

研究集会名 : GFD オンラインセミナー第 17 回  
開催日 : 2024 年 10 月 31 日  
場所 : オンライン

研究集会名：惑星大気計算に関するワークショップ  
開催日：2024年11月21日  
場所：オンライン

研究集会名：ワークショップ「地球惑星科学における流体力学」(FDEPS)  
開催日：2024年11月26-29日  
場所：関西セミナーハウス

研究集会名：GFD オンラインセミナー第18回  
開催日：2024年12月4日  
場所：オンライン

研究集会名：GFD オンラインセミナー第19回  
開催日：2024年12月5日  
場所：オンライン

研究集会名：次世代計算基盤に係る調査研究に関する合同ワークショップ～フィージビリティスタ  
ディ結果報告～  
開催日：2024年12月27日  
場所：東京大学本郷キャンパス

研究集会名：大気境界層ミニ研究会  
開催日：2025年1月21日  
場所：オンライン

研究集会名：惑星大気研究会 (WTK) 第127回オンラインセミナー  
開催日：2025年2月3日  
場所：オンライン

研究集会名：CPS/WTK & ABC ワークショップ「地球型惑星気候を多角的に考える」  
開催日：2025年2月20,21,25日  
場所：神戸大学統合研究拠点、北海道大学、オンライン

研究集会名：金星大気科学とその周辺  
開催日：2025年2月27,28日  
場所：慶応大学日吉キャンパス

研究集会名：GFD オンラインセミナー第20回  
開催日：2025年3月7日  
場所：オンライン

研究集会名：GFD セミナー2025 春  
開催日：2025年3月14-17日  
場所：休暇村支笏湖

研究集会名：シンポジウム「ポスト富岳で拓くアプリケーションの未来」  
開催日：2025年3月25日  
場所：コングレスクエア日本橋

#### (4) その他, 統合研究拠点での研究活動と関連のある特記事項

##### [プレスリリース]

- ・ 齋藤 貴之  
「最先端のシミュレーションによって明らかになった中間質量ブラックホール形成過程」 2024.5.31
- ・ 平田 直之  
「木星衛星ガニメデは巨大衝突によって自転軸が大きく変化していた！ - 40億年前の小惑星衝突による影響を解明 -」 2024.9.3
- ・ 齋藤 貴之  
「銀河ダイナミクスが導く太陽系の旅路～生命を育む安全地帯への大移動～」 2023.12.5
- ・ 林 祥介  
「火星の中層大気は主に大気重力波が駆動 再解析データを用いた火星大気大循環の気候値と地球大気との比較による大気大循環駆動メカニズムの解明」 2025.3.7
- ・

##### [解説・記事]

- ・ 牧野 淳一郎 「3.11 以後の科学リテラシー(no.135)」 科学 94 巻 4 号 pp355-357 2024.4
- ・ 牧野 淳一郎 「3.11 以後の科学リテラシー(no.136)」 科学 94 巻 5 号 pp411-413 2024.5
- ・ 牧野 淳一郎 「3.11 以後の科学リテラシー(no.137)」 科学 94 巻 6 号 pp564-566 2024.6
- ・ 牧野 淳一郎 「3.11 以後の科学リテラシー(no.138)」 科学 94 巻 7 号 pp604-606 2024.7
- ・ 牧野 淳一郎 「3.11 以後の科学リテラシー(no.139)」 科学 94 巻 8 号 pp745-747 2024.8
- ・ 牧野 淳一郎 「3.11 以後の科学リテラシー(no.140)」 科学 94 巻 9 号 pp846-848 2024.9
- ・ 牧野 淳一郎 「3.11 以後の科学リテラシー(no.141)」 科学 94 巻 10 号 pp908-911 2024.10
- ・ 牧野 淳一郎 「3.11 以後の科学リテラシー(no.142)」 科学 94 巻 11 号  
pp1018-1020 2024.11
- ・ 牧野 淳一郎 「3.11 以後の科学リテラシー(no.143)」 科学 94 巻 12 号  
pp1115-1118 2024.12
- ・ 牧野 淳一郎 「3.11 以後の科学リテラシー(no.145)」 科学 95 巻 1 号 pp77-80 2025.1
- ・ 牧野 淳一郎 「3.11 以後の科学リテラシー(no.146)」 科学 95 巻 2 号 pp181-184 2025.2
- ・ 牧野 淳一郎 「3.11 以後の科学リテラシー(no.146)」 科学 95 巻 3 号 pp267-269 2025.3
- ・ 本堂 毅, 牧野 淳一郎, 御手洗 聡, 森内 浩幸  
「国立感染症研究所が発表する「新型コロナ流行による超過死亡」解析の誤り」  
日本医事新報 (5244) 54-57 2024.10
- ・ 西尾 峻人, 大槻 圭史, 杉浦 圭祐 「破壊を伴う衝突による小惑星速度変化」  
遊・星・人：日本惑星科学会誌 33 巻 3 号 pp430-435 2024.9
- ・ 前田 夏穂, 大槻 圭史 「巨大惑星まわりの周惑星円盤へのガス・ダスト降着」  
遊・星・人：日本惑星科学会誌 33 巻 4 号 pp254-261 2024.12

##### [その他取材協力]

- ・ なし

令和 6 年度 神戸大学統合研究拠点利用状況報告書

1. 研究概要

<p>研 究 テ ー マ</p>	<p>透視科学に革新をもたらす数理とテクノロジーの開拓</p>
<p>研究代表者 部局・専攻・氏名</p>	<p>神戸大学 数理・データサイエンスセンター/教授 Integral Geometry Science/代表取締役 木村 建次郎</p>
<p>入 居 室 番 号</p>	<p>本館 ・ アネックス 103・108 号室</p>
<p>外 部 資 金 獲 得 実 績</p>	<p>科学研究費補助金 31,640 千円, 受託研究経費 38,700 千円 奨学寄附金 10,700 千円, 共同研究経費 1,000 千円</p>
<p>特許出願件数 12 件, 論文発表件数 0 件, 著書数 2 件</p>	

## 2. 研究チームメンバーとその役割分担

氏 名	所属部局・専攻	役 割 分 担
<u>川田 大貴</u>	理学部化学科	学部
<u>和田 知紗</u>	理学部化学科	学部
<u>岡田 英朗</u>	理学研究科化学専攻	博士課程後期
<u>鈴木 章吾</u>	Integral Geometry Science	執行役員
<u>西村 祐太朗</u>	Integral Geometry Science	執行役員
<u>松田 聖樹</u>	Integral Geometry Science	執行役員
<u>竹田 慶任</u>	Integral Geometry Science	基礎科学研究員
<u>水谷 天勇</u>	Integral Geometry Science	基礎科学研究員
<u>吉成 耕平</u>	Integral Geometry Science	基礎科学研究員
<u>大坪 利行</u>	Integral Geometry Science	技術補佐員
<u>平野 義幸</u>	Integral Geometry Science	技術補佐員
<u>金子 來未</u>	Integral Geometry Science	事務員
<u>隅野 風花</u>	Integral Geometry Science	事務員
<u>米本 絵美</u>	Integral Geometry Science	事務員

### 3. 研究成果の概要等について

#### 3.1 研究概要

我々は、物体外部で得られる場の観測結果から、物体内部の構造を映像化する逆問題の理論研究と、逆解析理論を基にしたイメージングシステムの開発に取り組んでいる。一般的な物体の内部構造を3次元的に捉える方法は、コンピュータ断層撮像、所謂CT

(Computed Tomography)である。CTでは、2次元透過吸収画像を様々な角度から撮影し、ラドン変換を用いて3次元的な断層画像を再構成する。この画像再構成方法では、直進性の高いX線やガンマ線といった高エネルギー線の使用が前提となる。これは、直線上を積分するというラドン変換の前提条件によるものであり、このような波動の選択自由度の制限は、特異的な物性を示す領域の識別を困難にする。我々は、遠隔での静的もしくは準静的な磁場の観測結果から、場の基礎方程式を逆説的に解くことにより、物体もしくは特定空間内部における遠隔場の分布を映像化する再構成理論の導出に成功した。電流と磁場に関する逆問題は、一般的に解けない問題として知られているが、我々は、蓄電池の構造に着目し、蓄電池のような平行平板構造においては、3次元的な電流が、2次元の薄膜に閉じ込められていると設定できるため、観測結果から蓄電池内部の電流密度分布が再構成可能なことを世界で初めて証明した。本理論を核とした蓄電池内電流密度分布映像化装置、コンクリート内鉄筋の腐食検査、スーパーセキュリティゲートの開発に取り組み、計測技術を通じて安全安心な社会の実現を目指している。

#### 3.2 研究成果

本研究では、従来の検査手法では判別が困難であった潜在的不良セルを検出・選別可能とする蓄電池評価技術の開発を目的とし、電流密度分布に着目した非破壊イメージングシステムの開発と性能実証を進めてきた。特に、蓄電池製造ラインにおける全数検査への適用を見据え、自己放電値1 mV/day（電流換算で数マイクロアンペア）という良否判定の実用閾値に対し、それを大きく上回る検出感度と、長時間にわたる安定動作性能を備えた高速測定系を実現している。自己放電量と各検査装置の検出性能の関係を図1に示す。

本年度は、開発した蓄電池検査システムを用いて数千セル規模のリチウムイオン電池に対する実環境下でのインライン検査を実施し、量産体制への適用を見据えた耐久性および再現性の評価を行った。従来のエージング試験においては、セル間の自己放電容量にほとんど差が見られず、個体差の識別が困難であったが、本手法により取得した空間的な電流密度分布に基づき算出された「不良度指数」には顕著な差異が確認され、これまで見過ごされてきた潜在的な不具合の可視化に成功した。図2には、抜き取り検査を行った3セルの自己放電量が僅かに異なる事例について、それぞれの電流密度分布像と、不良度指数の算出結果を示している。図3は、これらのセルに対して行った充放電サイクル試験における容量劣化の進行を示しており、寿命の違いを明確に示している。

さらに、長期間にわたる追跡調査の結果、初期検査段階において得られた不良度指数と、セル寿命（容量維持率や内部抵抗の変化）との間に統計的に有意な相関関係が認められた。これは、現行の加速劣化試験や自己放電計測と比較して、本手法がより早期・高精度に不良傾向を識別できる可能性を示すものであり、生産性と信頼性の両面を向上させ得る、新たな品質保証技術としての実用性を強く示唆する重要な成果である。

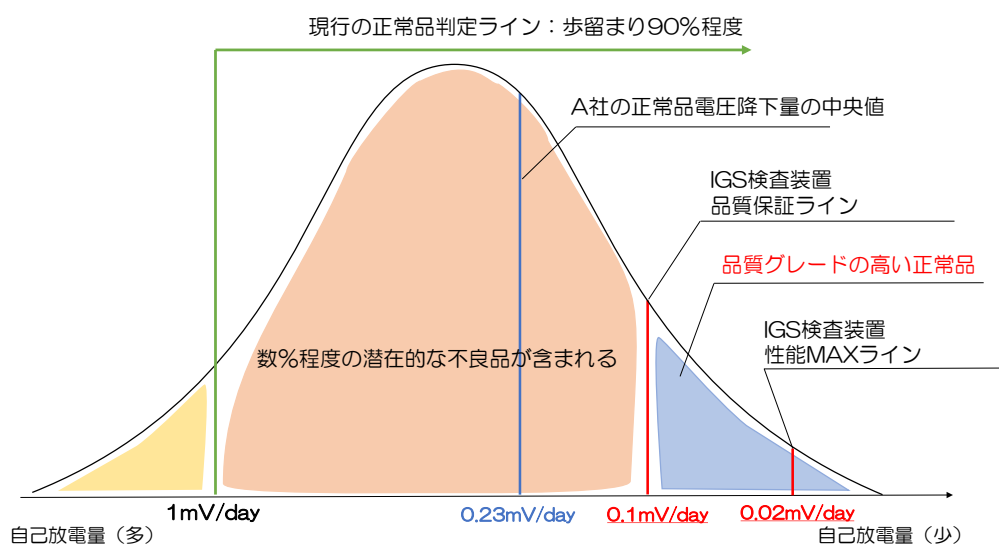


図1 実証試験を行った自己放電量と蓄電池検査装置の性能相関図

サンプル名	セル_A	セル_B	セル_C
エージング試験 (mV/day)	3.0	2.2	0.0
電流経路映像化装置による不良度指数	セル_A 不良指数: 9.3 9.3	セル_B 不良指数: 8.1 8.1	セル_C 不良指数: 2.9 2.9

図2 自己放電量が僅かな電池を我々の蓄電池検査装置で映像化した結果

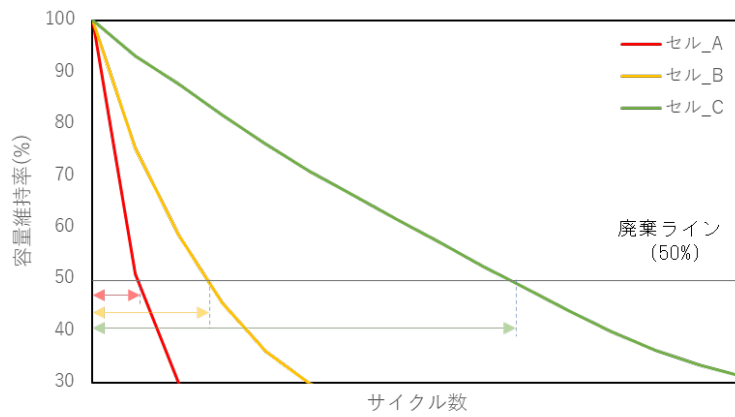


図3 自己放電量が僅かな電池を我々の蓄電池検査装置で映像化した結果  
 エージング試験により推定された自己放電量がほぼ等しいセル\_A、セル\_B について、  
 我々の検査技術で評価した不良度指数（電流密度の偏りの大きさ）はセル\_A の方が大  
 きい。充放電サイクルにおいてはセル\_A の方がセル寿命が短く、不良度指数とセル寿  
 命の相関が確認された。

## 4. 論文・著書・特許出願リスト

### [著書]

著書：見えない電気や電流は見えるようになる？（共著）

著者名：木村建次郎，松田聖樹，鈴木章吾

巻，ページ：PP. 244-247

発行所，発行年：オーム社，2024年

著書：透視の科学—逆問題の解析解が電池を透視，寿命を予言

著者名：木村建次郎，松田聖樹，鈴木章吾

巻，ページ：Vol. 94, No. 3, pp. 254-257

発行所，発行年：科学 岩波書店，2024年

### [特許]

発明の名称：蓄電池検査装置及び蓄電池検査方法

出願者：株式会社 Integral Geometry Science

発明者：松田聖樹，鈴木章吾，木村憲明，木村建次郎

出願日：PCT 2024年4月25日

出願番号：PCT/JP2024/016311

発明の名称：蓄電池検査装置及び蓄電池検査方法

出願者：株式会社 Integral Geometry Science

発明者：松田聖樹，鈴木章吾，木村憲明，木村建次郎

出願日：台湾 2024年4月25日

出願番号：113115373

発明の名称：測定装置および測定方法

出願者：株式会社 Integral Geometry Science

発明者：鈴木章吾，松田聖樹，美馬勇輝，西村祐太郎，岡田英朗，木村建次郎，木村憲明

出願日：韓国 2024年6月12日

出願番号：10-2024-7019586

発明の名称：測定装置および測定方法

出願者：株式会社 Integral Geometry Science

発明者：鈴木章吾，松田聖樹，美馬勇輝，西村祐太郎，岡田英朗，木村建次郎，木村憲明

出願日：中国 2024年7月22日

出願番号：202380018142.8

発明の名称：測定装置および測定方法

出願者：株式会社 Integral Geometry Science

発明者：鈴木章吾, 松田聖樹, 美馬勇輝, 西村祐太郎, 岡田英朗, 木村建次郎, 木村憲明

出願日：日本 2024年5月14日

出願番号：2024-532087

発明の名称：測定装置および測定方法

出願者：株式会社 Integral Geometry Science

発明者：鈴木章吾, 松田聖樹, 美馬勇輝, 西村祐太郎, 岡田英朗, 木村建次郎, 木村憲明

出願日：インド 2025年2月6日

出願番号：202517009896

発明の名称：測定装置および測定方法

出願者：株式会社 Integral Geometry Science

発明者：鈴木章吾, 松田聖樹, 美馬勇輝, 西村祐太郎, 岡田英朗, 木村建次郎, 木村憲明

出願日：米国 2024年12月31日

出願番号：18/880,335

発明の名称：測定装置および測定方法

出願者：株式会社 Integral Geometry Science

発明者：鈴木章吾, 松田聖樹, 美馬勇輝, 西村祐太郎, 岡田英朗, 木村建次郎, 木村憲明

出願日：欧州 2024年11月6日

出願番号：23835426.0

発明の名称：自動運転制御システム及び自動運転制御方法

出願者：株式会社 Integral Geometry Science

発明者：鈴木章吾, 美馬勇輝, 西村祐太郎, 松田聖樹, 木村建次郎, 木村憲明

出願日：日本 2024年8月28日

出願番号：2024-521599

発明の名称：自動運転制御システム及び自動運転制御方法

出願者：株式会社 Integral Geometry Science

発明者：鈴木章吾, 美馬勇輝, 西村祐太郎, 松田聖樹, 木村建次郎, 木村憲明

出願日：米国 2024年11月4日

出願番号：18/862,678

発明の名称： 自動運転制御システム及び自動運転制御方法

出願者：株式会社 Integral Geometry Science

発明者： 鈴木章吾, 美馬勇輝, 西村祐太朗, 松田聖樹, 木村建次郎, 木村憲明

出願日： 欧州 2024 年 10 月 31 日

出願番号：23805863.0

発明の名称： 自動運転制御システム及び自動運転制御方法

出願者：株式会社 Integral Geometry Science

発明者： 鈴木章吾, 美馬勇輝, 西村祐太朗, 松田聖樹, 木村建次郎, 木村憲明

出願日： ユーラシア 2024 年 11 月 7 日

出願番号：202492603

## 5. 関連活動及び特記事項

### (1) 外部資金等(外部資金名(種目), 代表者名, 研究タイトル, 当該年度の受入金額を記載)

○外部資金名：科学研究費補助金

研究種目：学術変革領域研究(A)

代表者名：木村 建次郎

研究課題名：散乱理論・散乱イメージング理論の構築

受入金額：31,640,000 円

○外部資金名：受託研究費

代表者名：木村 建次郎

研究題目：乳がんを有する成人女性及び健康成人女性を対象とした乳房用マイクロ波画像診断装置 IGS-0001 の有効性及び安全性を検討する多施設評価者盲検試験

受入金額：38,700,000 円

○外部資金名：共同研究費

研究種目：学術変革領域研究(A)

代表者名：木村 建次郎

研究課題名：電解槽電極の電流分布計測技術の開発

受入金額：1,000,000 円

○外部資金名：研究助成寄附金

受入金額：10,700,000 円

### (2) 受賞(賞名称, 受賞対象, 受賞者名, 授与機関名, 受賞年・月)

ベンチャークライアントアワード (MUFG Startup Summit 大阪, 三菱 UFJ 銀行大阪ビル)

受賞者名：木村建次郎

受賞年月：2024 年 11 月 25 日

令和6年度学長表彰(神戸大学)

受賞者名：木村建次郎

受賞年月：2024 年 10 月 17 日

### (3) 研究集会の開催

### (4) その他, 統合研究拠点での研究活動と関連のある特記事項

令和 6 年度 神戸大学統合研究拠点利用状況報告書

1. 研究概要

研 究 テ ー マ	ゲノム編集研究
研究代表者 部局・専攻・氏名	科学技術イノベーション研究科・近藤 昭彦 先端バイオ工学研究センター・西田 敬二
入 居 室 番 号	本館 107 号室 アネックス 301、302、304、305、306 号室
外 部 資 金 獲 得 実 績	科学研究費補助金 0 千円, 受託研究経費 23,300 千円 奨学寄附金 0 千円, 共同研究経費 13,000 千円
特許出願件数	0 件, 論文発表件数 1 件, 著書数 0 件



### 3. 研究成果の概要等について

神戸大学で開発された「切らないゲノム編集技術」を中心に、ゲノムをより安全に効率よく改変操作する技術群の開発と改良の取り組みを続けています。また応用展開として世界的な気候変動への対応と持続可能な社会を実現すべく、ゲノム編集技術と細胞培養技術を組み合わせて、高速かつ安全で高効率な育種技術および植物と微生物による物質生産技術の開発を進め、また疾患メカニズムの解明から創薬支援、バイオ医薬品の生産、また遺伝子治療に至るまで、ゲノムを高度に操作する技術の医学分野における応用に取り組んでいます。

令和6年度は、プロバイオティクス乳酸菌に対して切らないゲノム編集技術を適用し、高効率での編集効果を達成しました。さらに糖尿病の増悪因子を削除した乳酸菌株を作成、それによってヨーグルトの制作試験も行いました。

## 4. 論文・著書・特許出願リスト

### [論文]

なし

### [著書]

著書：CRISPR-Cas Methods (共著)

著者名：Nguyen Sao Mai, Ken-ichiro Taoka, Keiji Nishida

巻，ページ：3巻，PP.1-18

発行所，発行年：Springer Nature, 2025年

著書：医学のあゆみ「ゲノム編集医療—最先端ツールからモデル，創薬，遺伝子治療へ」(共著)

著者名：米村洋而・西田敬二

巻，ページ：292巻5号「塩基編集技術の発展と遺伝子治療への応用」

発行所，発行年：医歯薬出版株式会社，2025年

### [特許]

「CRISPR-Casベクター系、組成物、キット、標的DNAが修飾された原核生物の製造方法、および原核生物」出願番号：2024-092650 出願日：2024/6/6 出願人：国立大学法人神戸大学、株式会社バイオパレット 発明者：西田敬二、喜多雄大、光延仁志、南部由美子、宮崎翔子

## 5. 関連活動及び特記事項

### (1) 外部資金等(外部資金名(種目), 代表者名, 研究タイトル, 当該年度の受入金額を記載)

○外部資金名:革新的GX技術創出事業(GteX)(JST)

代表者名:本田 孝祐

研究課題名:多様な微生物機能の開拓のためのバイオものづくり DBTL 技術の開発

受入金額: 10,000 千円

○外部資金名:産学共創プラットフォーム共同研究推進プログラム(OPERA)(JST)

代表者名:江面 浩

研究題目:食の未来を拓く革新的先端技術の創出

受入金額: 7,700 千円

○外部資金名:共同研究(株式会社バイオパレット)

代表者名:西田 敬二

研究題目:改良型塩基編集技術の有用生物への応用

受入金額: 7,700 千円

○外部資金名:AMED 再生・細胞医療・遺伝子治療実現加速化プログラム

代表者名:西田 敬二

研究題目:SOD1 変異 ALS に対する遺伝子編集治療法の開発

受入金額: 2,000 千円

○外部資金名:AMED 再生医療等実用化研究事業

代表者名:西田 敬二

研究題目:近位筋優位遺伝性運動感覚ニューロパチーに対する遺伝子治療開発に向けた非臨床試験

受入金額: 3,000 千円

### (2) 受賞(賞名称, 受賞対象, 受賞者名, 授与機関名, 受賞年・月)

無し

### (3) 研究集会の開催

無し

### (4) その他, 統合研究拠点での研究活動と関連のある特記事項

無し

令和6年度 神戸大学統合研究拠点利用状況報告書

1. 研究概要

研究テーマ	次世代バイオロジクスのプロセスサイエンス研究		
研究代表者 部局・専攻・氏名	科学技術イノベーション研究科・内田和久		
入居室番号	本館 407、404、405号室 アネックス 401号室		
外部資金 獲得実績	科学研究費補助金 奨学寄附金	千円, 千円,	受託研究経費 65,601 千円 共同研究経費 4,200 千円
特許出願件数	0 件,	論文発表件数	3 件, 著書数 1 件

## 2. 研究チームメンバーとその役割分担

氏名	所属部局・専攻	役割分担
<u>内田和久</u>	科学技術イノベーション研究科	特命教授 全体総括
<u>増見恭子</u>	科学技術イノベーション研究科	特命准教授 ウイルスベクター担当
<u>苑宇哲</u>	科学技術イノベーション研究科	特命助教 NGS、ウイルスベクター担当
<u>上山美幸</u>	科学技術イノベーション研究科	事務担当
<u>橋場倫子</u>	科学技術イノベーション研究科	博士後期課程3年 NGS、ウイルスベクター担当
<u>岩本椎菜</u>	科学技術イノベーション研究科	博士前期課程2年 mRNA ワクチン担当
<u>林なつみ</u>	科学技術イノベーション研究科	博士前期課程2年 NGS 担当
<u>伊藤恵美</u>	科学技術イノベーション研究科	研究員 ウイルスベクター担当
<u>大西美帆</u>	科学技術イノベーション研究科	研究員 mRNA ワクチン担当

### 3. 研究成果の概要等について

【概要】バイオリジクスは、動物細胞などの生命の力を用いてセントラルドグマに基づいて生産する複雑な構造の医薬品やワクチンで、抗体医薬を代表とするバイオ医薬品や遺伝子治療製品、mRNA 製品などが現在、注目されている。

これら製品の生産工程は培養、精製、分析などの要素技術から構成されており、最新の分析技術を駆使してプロセスを解析し、これらの要素技術を裏打ちする基本原理の体系化「プロセスサイエンス」を目指している。また、バイオリジクス製品の生産に用いる動物細胞株が外来性のウイルスを含んでいないかどうかを検出するための、NGS などの最新技術の開発を行っている。これらの成果は製薬企業等での医薬品に関する開発研究で活用している。

以下に代表的な研究の成果を記す。

○厚生労働省 令和4年度医薬品等審査迅速化事業費補助金（薬事規制研修事業）  
（研究担当：内田和久/特命教授、高倉知朗/研究員ほか）

2020年6月に神戸大学が APEC Biotherapeutics CoE として認定された後、第5回目の「APEC Work Shop 2024」を対面で開催した。APEC 規制当局担当者を対象に参加 募集を行い、チリ、ペルー、タイ、シンガポール、台湾、フィリピンの6エコノミーから計10名が受講した。神戸大学が主体となって運営し、神戸大学の関連組織の一つである一般社団法人バイオリジクス研究・トレーニングセンター（BCRET 及び GMP 準拠施設を有する次世代バイオ医薬品製造技術研究組合（MAB）と協力して対応を行った。令和6年12月3日～12月5日の3日間、座学はアネックス棟307号室で、実習は主に本館407号室で実施した。

研修プログラム内容は、CMC 開発や薬制動向に関する最新の動向、MAB の GMP 準設での模擬査察の再現、CMC プロセス開発（培養、精製、分析）に関する実習、ICH Q5A をテーマとした参加者全員での意見交換と議論した。研修後評価（アンケート結果）は、評価（アンケート結果）は、5点満点でほぼ満点と満足度も高く、受講者は次年度も研修の継続を望んでいた。

○AMED 再生医療実用化研究事業 再生医療分野において、国際展開すべき品質・非臨床評価手法を開発するための研究「再生医療等製品に関するウイルス安全性評価の国際標準化研究」（2022-2024年）（研究担当：内田和久/特命教授、遊佐啓介/特命教授ほか）

#### 研究の成果とその意義

国際多施設共同研究においては、同一のウイルスパネルをスパイクすることが、統一的な見解を得るのに重要なポイントとなる。第3回、第4回、第5回、第6回と回数を重ねる中で、7種類のパネルウイルス（RE01、FeLV、RSV、EBV、PCV1、OC43、MVM p）が確立されてきた。また、確立した共通プロトコルを用いることは、研究環境の異なるラボ間で得られた結果を並べ議論するのに重要な二つ目のポイントとなる。これらのポイントを押さえたうえで、①サンプルの調製、②核酸の抽出、③NGS用ライブラリーの作製、④シーケンシング

そして⑤バイオインフォマティクスをシークインシャルを行うことで、適切なスパイク試験が実施できる。以下には第3回、第4回、第5回、第6回の国際多施設共同研究の結果及び進行中の状況などを概説する。なお、実験データの詳細や参加団体の名称に関しては、それぞれ守秘契約を結んでいるため、公開することはできない。このうち、第3回、第4回の概要を記載する。

・第3回共同研究

FDAを含むAVDTWGの参加メンバー8団体で実験データを共有し、現在、論文として最終ドラフトまで完成している。潜伏感染ウイルスモデルを用いて、ショートリードNGSによりウイルスをどの程度の感度で検出できるかを明らかにすることであり、BV陽性および陰性のヒトリンパ球を混合したモデル細胞からRNAを抽出し、RNA-Seqを用いてEBV由来核酸の検出を行った。

・第4回共同研究

第3回AVDTIGの国際多施設研究を通じて明らかになった課題を克服するために計画された。その課題とは、ロングリードによるシーケンス解析によって、より正確で精度の高い検出系を樹立することである。ショートリードの実験結果（第2回多施設国際）と比較検討するために、第2回国際多施設共同研究と同じウイルス感染系を使い、その結果を比較した。

○SCARDA 「PureCap法を基盤とした高純度 mRNA 国内生産体制の構築と送達キャリアフリーの安全な mRNA ワクチンの臨床開発」（2020-2026年度）（研究分担者：内田和久 特命教授）

PureCAPは名古屋大の阿部教授が見出した新たなmRANのキャッピング試薬であり、独占であるトリリンク社のキャプ試薬より優れた安定性を示す。我々はSAS-CV2のスパイク蛋白質をコードするHamada1 A+mRNAを鋳型pDNAからIn vitro Transcriptionで生産後、疎水性の高いPureCAP化されたmRNAを院ペア逆相HPLCで生産する系を確立した。この方法を1LスケールのIVTまでスケールアップし、治験薬の生産をCDMOで実施することを目指して活動している。

## 4. 論文・著書・特許出願リスト

### [論文]

1. Stabilization of a single-stranded DNA of adeno-associated virus by inverted terminal repeats, Yuzhe Yuan, Kiyoko Higashiyama, E Ito, K Masumi-Koizumi, K Yusa and K Uchida. Scientific Reports (2024) 14:27696 <https://doi.org/10.1038/s41598-024-78612-y>

2. Encapsulation of a single-stranded form of DNA impurities into an adeno-associated virus vector capsid.

Kazuhisa Uchida, Emi Ito-Kudo, Kiyoko Higashiyama, Kyoko Masumi-Koizumi, Keisuke Yusa, and Yuzhe Yuan. Human Gene Therapy (2025) 36, 9-10, 814-822 <https://doi.org/10.1089/hum.2024.264>

3. Monitoring full-length recombinant adeno-associated virus genome DNA in large-scale production using automated electrophoresis. Noriko Hashiba, Yuzhe Yuan, Emi Ito-Kudo, Kyoko Masumi-Koizumi, Keisuke Yusa, Kazuhisa Uchida. Translational and Regulatory Sciences. Translat Regulat Sci. 7(2):, 2025 doi: 133611/trs.2025-009

### [著書]

著書：培養細胞が拓く創薬の今（共著）

著者名：内田和久

ページ：PP. 340-347

発行所，発行年：シーエムシー・リサーチ，2024年

### [特許]

なし

## 5. 関連活動及び特記事項

### (1) 外部資金等(外部資金名(種目), 代表者名, 研究タイトル, 当該年度の受入金額を記載)

以下に主なものを記す。

○厚生労働省 令和4年度医薬品等審査迅速化事業費補助金 (薬事規制研修事業) (研究代表者: 内田和久 特命教授) 15,400,000 円

○AMED 再生医療実用化研究事業 再生医療分野において、国際展開すべき品質・非臨床評価手法を開発するための研究「再生医療等製品に関するウイルス安全性評価の国際標準化研究」(2022-2024年度) (研究代表者: 内田和久 特命教授) 22,750,000 円

○SCARDA 「PureCap法を基盤とした高純度 mRNA 国内生産体制の構築と送達キャリアフリーの安全な mRNA ワクチンの臨床開発」(2020-2026年度) (研究分担者: 内田和久 特命教授) 22,750,000 円 ワクチン・新規モダリティ研究開発事業 50,000,000 万円

### (2) 受賞(賞名称, 受賞対象, 受賞者名, 授与機関名, 受賞年・月)

なし

### (3) 研究集会の開催

研究集会名: APEC Work Shop 2024

主催団体: 科学技術イノベーション研究科

開催日: 2024年12月3日-12月5日

場所: アネックス棟 307号室、本館 404, 405, 407号室

### (4) その他, 統合研究拠点での研究活動と関連のある特記事項

① 読売新聞(2024年10月3日 朝刊)に BCRET の取組が掲載された。

[https://www.bcret.jp/news/2024/1026\\_000162.html](https://www.bcret.jp/news/2024/1026_000162.html)

② 山陽小野田市立山口東京理科大学の連携協定締結について

[https://www.bcret.jp/news/2025/0100\\_000171.html](https://www.bcret.jp/news/2025/0100_000171.html)

③ 東洋経済オンライン/日本のバイオ医薬産業化の鍵となる「2つの施策」

「人材育成」と「異業種連携」が求められる理由

<https://toyokeizai.net/articles/-/840049>

## 令和6年度 神戸大学統合研究拠点利用状況報告書

### 1. 研究概要

研 究 テ ー マ	電磁耐性量子集積エレクトロニクス・イノベーション
研究代表者 部局・専攻・氏名	科学技術イノベーション研究科・科学技術イノベーション専攻・永田真
入 居 室 番 号	本館 406 号室
外 部 資 金 獲 得 実 績	科学研究費補助金 31,000 千円, 受託研究経費 262,350 千円 奨学寄附金 5,000 千円, 共同研究経費 39,650 千円
特許出願件数	1 件
論文発表件数	24 件
著書数	0 件

## 2. 研究チームメンバーとその役割分担

氏名	所属部局・専攻	役割分担
永田 真	科学技術イノベーション研究科・科学技術イノベーション専攻	電磁耐性量子集積エレクトロニクスに関する研究総括
三木 拓司	科学技術イノベーション研究科・科学技術イノベーション専攻	量子コンピュータに関する研究
田口 美里	科学技術イノベーション研究科・科学技術イノベーション専攻	量子コンピュータに関する研究
高橋亮蔵	科学技術イノベーション研究科・科学技術イノベーション専攻	量子コンピュータに関する研究
上原 啓	科学技術イノベーション研究科・科学技術イノベーション専攻	電波環境技術に関する研究
芦田 壮亮	科学技術イノベーション研究科・科学技術イノベーション専攻	電波環境技術に関する研究
三家 雄志	科学技術イノベーション研究科・科学技術イノベーション専攻	電波環境技術に関する研究
山里 康生	科学技術イノベーション研究科・科学技術イノベーション専攻	電波環境技術に関する研究

### 3. 研究成果の概要等について

研究課題「電磁耐性量子集積エレクトロニクス・イノベーション」では、次世代の情報通信技術(ICT)を担う量子技術と無線技術の発展に資するため、極低温動作および高電磁耐性を特徴とする集積化エレクトロニクスの設計法および構成法について研究開発を推進するとともに、科学技術イノベーションを目指している。我が国の推進する量子技術イノベーション戦略のもと、量子コンピュータ等を具現化する技術として、極低温動作による半導体量子集積エレクトロニクスの設計法を導出し、とりわけ、誤り耐性型汎用量子コンピュータに向けた極低温 CMOS 半導体集積回路システムを構築する。また、量子技術により飛躍的に向上する情報処理能力とバランスする安全・安心なスマート社会の発展を鑑み、自律移動体の産業応用に着目して、無線通信の高度利用と電磁セキュリティを支える電波環境技術を探求する。

以下に、各研究領域における取組状況と令和 5 年度の成果概況を示す。

- ① 国際貢献：ハードウェアセキュリティの研究分野に関して、ギリシャ・アリストテレス大学と神戸大学の Erasmus+協定に基づき、引き続き、大学院生及び教員の相互交流（現地滞在および日本招聘）を実施した。また、ハードウェアセキュリティの研究分野に関して、欧州で最も著名な研究組織の一つである Katholieke Universiteit Leuven の研究チームおよび Telecom Paris の研究チームと研究ミーティングを定期的実施して共同研究を推進した。
- ② 国内貢献：国の施策に基づくハードウェアセキュリティに関する研究プロジェクトを引き続き推進した。具体的には、NEDO・経済安全保障重要技術育成プログラム／ハイブリッドクラウド利用基盤技術の開発／半導体・電子機器等のハードウェアにおける不正機能の排除のための検証基盤の確立」に関する共同研究を受託し、国内大学・産業界の連携研究を推進し、所定の計画通りに研究成果報告書を纏めた。
- ③ 国内貢献：国の施策に基づく量子技術イノベーション戦略のもとで量子コンピュータの構築に関する研究開発を継続した。具体的には、ムーンショット型研究開発事業「2050年までに、経済・産業・安全保障を飛躍的に発展させる誤り耐性型汎用量子コンピュータを実現／大規模集積シリコン量子コンピュータの研究開発」に関する研究活動を引き続き推進し、令和6年度から新たに「2050年までに、経済・産業・安全保障を飛躍的に発展させる誤り耐性型汎用量子コンピュータを実現／拡張性のあるシリコン量子コンピュータ技術の開発」に参画し、研究を推進した。また、(株)日立製作所との共同研究を継続し、NEDO 官民による若手研究者発掘支援事業（共同研究フェーズ）の支援を獲得した上で、シリコン量子ビットの制御プラットフォームに関する研究を推進している。さらに、JST 戦略的創造研究推進事業（さきがけ）に「量子環境ノイズ情報を組入れる高忠実度量子制御技術の開拓」のもと、量子コンピューティングの演算精度を向上する極低温センシングやフィードバック技術の構築に向けた研究を推進してい

る。また、科学研究費助成事業（挑戦的研究（開拓））における「リコンフィギュラブル量子極低温制御回路の創製」のもと、量子ドット構造を活用した新たな量子回路方式の探求を行っている。

## 4. 論文・著書・特許出願リスト

[論文]

【査読有り/学術誌掲載論文】

1. Makoto Nagata, Takuji Miki, "Si Substrate Backside -An Emerging Physical Attack Surface for Secure ICs in Flip Chip Packaging," IEEE Open Journal of the Solid-State Circuits Society, vol. 4, pp. 365-375, Nov. 2024.
2. Takuya Wadatsumi, Kazuki Monta, Yusuke Hayashi, Takuji Miki, Alkis A. Hatzopoulos, Adrijan Barić, Makoto Nagata, "Chip-Backside Vulnerability to Intentional Electromagnetic Interference in Integrated Circuits," in IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, vol. 66, no. 5, pp. 1556-1566, Oct. 2024.
3. 田口美里、高橋亮蔵、加藤薫子、楠野順弘、三木拓司、永田真, "量子コンピュータ向けフリップチップシリコンインターポーザの極低温評価," 電子情報通信学会論文誌 C, Vol. J107-C, No. 4, pp. pp.175-181, Apr. 2024.

【査読有り/国際会議録掲載論文】

4. Takuji Miki, "Cryo-CMOS Analog Circuits for Spin Qubit Control," the 30th Asia and South Pacific Design Automation Conference (ASP-DAC 2025), pp. 1444-1449.
5. Shuhei Yokota, Rikuu Hasegawa, Kazuki Monta, Takaaki Okidono, Takuji Miki and Makoto Nagata, "A Simulation Technique of Thermal Side Channel Leakage of Cryptographic Circuits," IEEE Asian Hardware Oriented Security and Trust Symposium (AsianHOST) PhD Forum Presentation, 2024.12.18.
6. Rikuu Hasegawa, Takuya Wadatsumi, Kazuki Monta, Takuji Miki, Lang Lin, Norman Chang and Makoto Nagata, "Measurement and Simulation of On-chip Voltage Fluctuation Caused by EM Injection," IEEE Asian Hardware Oriented Security and Trust Symposium (AsianHOST) PhD Forum Presentation, 2024.12.18.
7. Kazuki Monta, Rikuu Hasegawa, Takafumi Oki, Takuya Wadatsumi, Takuji Miki, Makoto Nagata, Lang Lin, Norman Chang, "A Hybrid Simulation Approach for Accurate and Fast System-Level Side-Channel Leakage Evaluation," IEEE Asian Hardware Oriented Security and Trust Symposium (AsianHOST), 2024.12.18.
8. Ryoza Takahashi, Yusuke Kanno, Takuji Miki, Nobuhiro Kusuno, Hiroyuki Mizuno and Makoto Nagata, "A Cryogenic Pulse Shaper for Spin Qubit Control Utilizing 1ns-Time-Resolution ADCs on an Active Silicon Interposer Operating at Sub-100 mK Temperatures," 2024 IEEE Asian Solid-State Circuits Conference (A-SSCC), #20-3, 2024.11.21.

9. Masahiro Yamaguchi, Yasunori Miyazawa, Satoshi Sugimoto, Sosuke Ashida, Koh Watanabe, Ryota Sakai, Hikaru Uehara, Makoto Nagata, Satoshi Tanaka, "Electromagnetic Noise Suppression of 26–30 GHz Range Harmonics from Switching Semiconductor Chips Using Spinodally Decomposed Fe-Cr-Co Flake Composite," in Proceedings of the 68th Annual MMM Conference (MMM 2023), pp. 1, Nov. 2023.
10. Hiraku Uehara, Koh Watanabe, Sosuke Ashida, Yushi Mitsuya, Satoshi Tanaka, Makoto Nagata, "Accuracy of GPS Positioning Measurements in Response to Electromagnetic Noise Characteristics," in Proceedings of the 14th International Workshop on the Electromagnetic Compatibility of Integrated Circuits (EMC Compo 2024), TS#4-6, pp. 117-119, Oct. 2024.
11. Takuya Wadatsumi, Rikuu Hasegawa, Kazuki Monta and Takuji Miki, Lang Lin, Norman Chang, Makoto Nagata, "Modeling and Analysis of On-Chip Voltage Fluctuations Caused by Electromagnetic Fault Injection," in Proceedings of the 14th International Workshop on the Electromagnetic Compatibility of Integrated Circuits (EMC Compo 2024), TS#5-4, pp. 136-139, Oct. 2024.
12. Ryuki Ikemoto, Soichiro Fujii, Kotaro Naruse, Jun Shiomi, Yoshihiro Midoh, Yuki Yamashita, Misato Taguchi, Takuji Miki, Makoto Nagata, Yuichi Komano, Mitsugu Iwamoto, Kazuo Sakiyama, Noriyuki Miura, "Double-Sided Multimodal Attack Sensing and Partial Re-Keying in Shared Group Key System," in Proceedings of 2024 IEEE European Solid-State Electronics Research Conference (ESSERC), pp. 681-684, Sep. 2024.
13. Rikuu Hasegawa, Kazuki Monta, Takuya Wadatsumi, Takuji Miki, Makoto Nagata, Lang Lin, Sreeja Chowdhury, Akhilesh Kumar, Norman Chang, "Si Backside Side-Channel Leakage and Simulation of Cryptographic IC Chips," 61st ACM/IEEE Design Automation Conference (DAC2024), Back-End Design Track #113, Jun. 2024.
14. Yusuke Hayashi, Rikuu Hasegawa, Takuya Wadatsumi, Kazuki Monta, Takuji Miki, Makoto Nagata, "Fault injection attacks exploiting high voltage pulsing over Si-substrate backside of IC chips", Fault Diagnosis and Tolerance in Cryptography(FDTC 2024), Sep. 2024.
15. Rikuu Hasegawa, Kazuki Monta, Takuya Wadatsumi, Takuji Miki, Makoto Nagata, "Si-Backside Side-Channel Leakage Measurement and Simulation," in Proceedings of the 21st International SoC Design Conference (ISOCC 2024), CS1-1, pp. 1-2, Aug. 2024.
16. Makoto Nagata, Naofumi Homma, Yuichi Hayashi, "Design Techniques toward IC-Chip Supply Chain Security," in Proceedings of the 21st International SoC Design Conference (ISOCC 2024), CS1-4, p. 1, Aug. 2024.

17. Misato Taguchi, Takaaki Okidono, Takuji Miki, Makoto Nagata, "Si Interposer With Cu TSVs on Cu Substrate Thermally and Electrically Anchoring Qubit Chips in Millikelvin Assembly," in Proceedings of the IEEE 74rd Electronic Components and Technology Conference (ECTC 2024), pp. 447-450, May 2024.
18. Hiraku Uehara, Koh Watanabe, Ryota Sakai, Sosuke Ashida, Satoshi Tanaka, Makoto Nagata, "Evaluation of Electromagnetic Interference Between Electromagnetic Noise from an Autonomous Vehicle and GPS Signals," in Proceedings of the 2024 Asia-Pacific International Symposium on Electromagnetic Compatibility (APEMC), Thu-AM1-A.2, pp. 426-428, May, 2024.
19. Chiaki Kaneko, Koh Watanabe, Makoto Nagata, Kishio Hidaka, Junji Nemoto, "A Study on Improvement of Electromagnetic Wave Absorbing and Shielding of CNTs Coated on Sheet Materials," in Proceedings of the 2024 Asia-Pacific International Symposium on Electromagnetic Compatibility (APEMC), Wed-AM2-A.4, pp. 290, May, 2024.
20. Masahiro Yamaguchi, Yasunori Miyazawa, Satoshi Sugimoto, Sosuke Ashida, Koh Watanabe, Ryota Sakai, Hiraku Uehara, Makoto Nagata, Satoshi Tanaka, "Electromagnetic Noise Suppression of 26–30 GHz Range Harmonics from Switching Semiconductor Chips Using Microwave Magnetic Composites," in Proceedings of the 2024 Asia-Pacific International Symposium on Electromagnetic Compatibility (APEMC), Tue-PM1-D.4, pp. 220, May, 2024.
21. Koh Watanabe, Ryota Sakai, Hiraku Uehara, Satoshi Tanaka, Makoto Nagata, Yasushi Matsumoto, Kaoru Gotoh, "Analysis of 5G Receiver Performance With Electromagnetic Noise Components in Industrial Unmanned Aerial Vehicles," in Proceedings of the 2024 Asia-Pacific International Symposium on Electromagnetic Compatibility (APEMC), Tue-PM1-D.2, pp. 215, May, 2024.
22. Makoto Nagata, Koh Watanabe, Satoshi Tanaka, "EM Noise Problems and Solutions on UAVs Deploying Wireless Communication," in Proceedings of the 2024 Asia-Pacific International Symposium on Electromagnetic Compatibility (APEMC), Tue-PM1-D.1, pp. 214, May, 2024.
23. Henian Li, Lang Lin, Norman Chang, Sreeja Chowdhury, Dylan Mcguire, Bozidar Novakovic, Kazuki Monta, Makoto Nagata, Ying-Shiun Li, Pramod M S, Piin-Chen Yeh, J.-S. Roger Jang, Chengjie Xi, Qitong Jin, Navid Asadi, Mark Tehranipoor, "Emission Modeling and Machine-Learning Assisted Pre-Silicon Optical Side-Channel Simulation," in Proceedings of 2024 IEEE International Symposium on Hardware Oriented Security and Trust (HOST), pp. 107-111, May 2024.

24. Rikuu Hasegawa, Kazuki Monta, Takuya Wadatsumi, Takuji Miki and Makoto Nagata, "On-chip evaluation of voltage drops and fault occurrence induced by Si backside EM injection", The 15th International Workshop on Constructive Side-Channel Analysis and Secure Design (COSADE2024), 2024.04.09.

[著書]

該当なし

[特許]

1. 三木拓司、中島峻、【神戸大学、理化学研究所】、"パルス結合装置," 特願 2025-025813 (2025.02.20)

## 5. 関連活動及び特記事項

### (1) 外部資金等(外部資金名(種目), 代表者名, 研究タイトルを記載)

1. 科研費・基盤 S「ハードウェアトロイフリーを実現する高信頼 VLSI 回路システム構築基盤の開拓」、研究代表者
2. 科研費・基盤 B「センサーに内在する固有性の拡散と収縮に基づく非暗号学的計測セキュリティ」、研究分担者
3. 科研費・挑戦的研究(開拓)「リコンフィギュラブル量子極低温制御回路の創製」、研究分担者
4. JST・ムーンショット型研究開発事業「2050年までに、経済・産業・安全保障を飛躍的に発展させる誤り耐性型汎用量子コンピュータを実現／大規模集積シリコン量子コンピュータの研究開発」に関する分担研究
5. JST・ムーンショット型研究開発事業「2050年までに、経済・産業・安全保障を飛躍的に発展させる誤り耐性型汎用量子コンピュータを実現／拡張性のあるシリコン量子コンピュータ技術の開発」に関する分担研究
6. JST・戦略的創造研究推進事業(さきがけ)「量子環境ノイズ情報を組入れる高忠実度量子制御技術の開拓」、研究代表者
7. NEDO・経済安全保障重要技術育成プログラム／ハイブリッドクラウド利用基盤技術の開発／半導体・電子機器等のハードウェアにおける不正機能の排除のための検証基盤の確立」に関する共同研究
8. NEDO・官民による若手研究者発掘支援事業「中規模シリコン量子コンピュータ向け量子制御集積回路」、研究代表者
1. 共同型協力研究「先端半導体 IC チップの EMC を高度化するオンチップモニタ技術の研究開発」
2. 共同型協力研究「ローカル 5G フィールドにおける電磁環境の評価」
3. 共同型協力研究「IC Chip Immunity Measurements and Analysis」
4. 研究助成「サプライチェーンからフェイクチップを排除する電磁的フィンガープリント技術の開発」

### (2) 受賞(賞名称, 受賞対象, 受賞者名, 授与機関名, 受賞年・月)

1. 電子情報通信学会・ハードウェアセキュリティ研究会, 2024年ハードウェアセキュリティ研究会若手優秀賞, 長谷川陸宇, 2024.12.16.
2. IEEE Design Automation Conference, Honorable Mention in the Engineering Track - Back-End Design, Rikuu Hasegawa, 2024.6.26.

### (3) 研究集会の開催

該当なし

#### (4) その他, 統合研究拠点での研究活動と関連のある特記事項

##### 国際共同研究

1. “Advanced IC chip testing” に関する共同研究について、ギリシャ・アリストテレス大学と実施した（Erasmus+の契約書に基づく）。
2. “Hardware Trojan Free VLSI Design” に関する共同研究について、仏国・テレコムパリ大学と実施している（科研費・基盤 S の協力体制において協力研究者として位置付けている）。
3. “Secure IC chip design” に関する共同研究について、ベルギー・ルーベンカトリック大学と実施している（契約書無し）。
4. “Advance ESD resiliency of IC chips” に関する共同研究について、クロアチア・ザグレブ大学と実施している（契約書無し）。
5. “IC Chip Immunity Measurements and Analysis” に関する共同研究について、米国 Ansys と実施している（共同型協力研究に基づく）。

令和7年5月2日

## 令和6年度 神戸大学統合研究拠点利用状況報告書

### 1. 研究概要

研究テーマ	未来世紀都市学研究
研究代表者 部局・専攻・氏名	計算社会科学研究センター・教授・上東貴志
入居室番号	アネックス 403号室
外部資金 獲得実績	科学研究費補助金 13,524千円, 受託研究経費 219,170千円 奨学寄附金 7,310千円, 共同研究経費 19,740千円 戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) 300,000千円
特許出願件数 1件,	論文発表件数 21件, 著書数 0件



### 3. 研究成果の概要等について

自然災害が発生したときのシミュレーションを都市全体で実行するために必要な防災デジタルツインは、従来の被害想定限界を突破し、より科学的な被害想定を実現する。シミュレーションを実行する各種解析プログラムが利用できるため、防災デジタルツインは、実際の構造物群を適切な解像度・詳細度で表現した解析モデルの作成を徹底的に自動化することが必要である。本研究では、国交省が所管する国土交通データプラットフォーム等と連携して、防災デジタルツインの自動構築システムを開発する。

それを使う出力として、確率ハザードマップ、ダイナミックハザードマップ、マルチハザード・カスケードハザードのハザードマップを考えている。

2024年度は、地震に因る建物の倒壊に関わる確率ハザードマップを自動化し、DIAS上のSaaSシステムで、自動でデジタルツインを作り、自動でシミュレーションを行う方法を構築した。

河川では、河道上の橋梁などを自動的に判別してデータから除去し、河川デジタルツインを自動構築するプログラムを開発した。武庫川流域対象として降雨と破堤の生起確率を一定とした場合における床上・床下浸水のハザードレベル単位の生起確率をメッシュ単位で可視化した（確率ハザードマップ）。能登半島地震の後の斜面崩壊土砂の土砂輸送による河道断面積の低下を考慮した能登半島豪雨のシミュレーションを実施した（マルチハザード・カスケードハザードのハザードマップ）。

道路（高架以外）では、神戸市の東灘区から中央区へ至る緊急輸送道路に対しDAC SARによる地震応答解析を行い、道路通行可能性確率を算出した（確率ハザードマップ）。

## 4. 論文・著書・特許出願リスト

[論文]

論文名 : Prediction of Spatial Distribution of Debris--Flow Hit Probability Considering the Source-Location Uncertainty

著者名 : Yamanoi, K., Oishi, S., Kawaike, K.

掲載誌 : Journal of Flood Risk Management, 2024, <https://doi.org/10.1111/jfr3.70011>

論文名 : Governors in the Digital Era: Analyzing and Predicting Social Media Engagement Using Machine Learning during the COVID-19 Pandemic in Japan

著者名 : Salama Shady, Vera Paola Shoda, Takashi Kamihigashi

掲載誌 : Informatics

論文名 : Extracting Official Agencies' Communication Patterns During the COVID-19 Pandemic: A Text Mining Approach

著者名 : Shady Salama, Akira Matsui, Takashi Kamihigashi

掲載誌 : Proceedings of the Third International Conference on Innovations in Computing Research (ICR'24)

論文名 : 一般道路整備に対する交通需要の弾力性の推定 : 道路交通センサデータを用いた集計的分析

著者名 : 八杉 晃弘, 織田澤 利守

掲載誌 : 交通工学研究発表会論文集

論文名 : 徒歩 15 分圏内の地域アメニティに着目した「まちの暮らしやすさ」の定量的評価

著者名 : 織田澤 利守, 高橋 健斗

掲載誌 : 都市計画論文集

論文名 : 広域道路ネットワーク整備が地域経済の成長に及ぼす因果効果 : 製造業を対象とした中長期分析

著者名 : 織田澤 利守, 足立 理子, 石川 遼

掲載誌 : 土木学会論文集

論文名 : City size distribution and utility of living: Exploring intercity migration in Japanese urban systems

著者名 : Masanobu Kii, Chun-Chen Chou, Tatsuhito Kono, Toshimori Otazawa

掲載誌 : Economic Analysis and Policy

論文名：因果効果の異質性を考慮した高速道路インターチェン時の整備効果の推定  
著者名：織田澤利守, 小林拓実  
掲載誌：高速道路と自動車

論文名：GH and IGF-1 in skin interstitial fluid and blood are associated with heat loss responses in exercising young adults.

著者名：Gulinu Maimaituxun, Tatsuro Amano, Glen P Kenny, Toby Mündel, Masanobu Kajiki, Kaname Tagawa, Akira Katagiri, Yoko Tanabe, Koichi Watanabe, Takeshi Nishiyasu

掲載誌：European journal of applied physiology

論文名：Interactive effects of exercise intensity and recovery posture on post-exercise hypotension.

著者名：Xueer Lu, Richie Philip Goulding, Toby Mundel, Zachary J Schlader, James D Cotter, Shunsaku Koga, Naoto Fujii, I-Lin Wang, Ziyang Liu, Hao-Yu Li ...

掲載誌：American journal of physiology. Regulatory, integrative and comparative physiology

論文名：Nicotine exacerbates exertional heat strain in trained men: a randomized, placebo-controlled, double-blind study.

著者名：Nicole E Moyen, Matthew J Barnes, Blake G Perry, Naoto Fujii, Tatsuro Amano, Narihiko Kondo, Toby Mündel

掲載誌：Journal of Applied Physiology

論文名：The effect of seasonal heat acclimatization on cool-seeking behaviour during passive heat stress in young adults.

著者名：Hui Wang, Zachary J Schlader, Tze-Huan Lei, Toby Mündel, Tatsuro Amano, Naoto Fujii, Takeshi Nishiyasu, James Cotter, Narihiko Kondo

掲載誌：Experimental physiology

論文名：Separate and combined blockades of  $\alpha$ - and  $\beta$ -adrenergic receptors in forearm sweating induced by adrenergic agents and exercise in the heat in young adults.

著者名：Tatsuro Amano, Naoto Fujii, Glen P Kenny, Toby Mündel, Yoshimitsu Inoue, Shotaro Yokoyama, Narihiko Kondo

掲載誌：American journal of physiology. Regulatory, integrative and comparative physiology

論文名：The effect of biological sex on cool seeking behavior during passive heat stress in young adults.

著者名：Hui Wang, Zachary J Schlader, Tze-Huan Lei, Toby Mündel, Tatsuro Amano, Naoto Fujii, Takeshi Nishiyasu, Narihiko Kondo

掲載誌：European journal of applied physiology

論文名 : The effect of hypohydration before and different rehydration strategies after severe intensity exercise on post-exercise hypotension in men.

著者名 : Tze-Huan Lei, Xia Wei, Faming Wang, Jingliang Chen, Richie Goulding, James Cotter, Jason Kai Wei Lee, Beverly Tan, Tatsuro Amano, Tomomi Fujimoto ...

掲載誌 : European journal of applied physiology

論文名 : Infectious mononucleosis due to Epstein-Barr virus reactivation in an immunocompromised 60-year-old patient with COVID-19.

著者名 : Naonori Harada, Ikumi Shibano, Yuto Izuta, Yusuke Kizawa, Hiroshi Shiragami, Akiko Tsumura, Goh Ohji, Atsuko Mugitani

掲載誌 : Journal of infection and chemotherapy : official journal of the Japan Society of Chemotherapy

論文名 : Polypropylene Mesh Infection From Surgical Site Infections Caused by Mycobacterium fortuitum.

著者名 : Kota Tsuchiya, Nao Hayashi, Goh Ohji, Hiroto Terashi, Shunsuke Sakakibara

掲載誌 : Cureus

論文名 : Analysis of B-cell receptor repertoire to evaluate the immunogenicity of SARS-CoV-2 RBD mRNA vaccine: MAFB-7256a (DS-5670d)

著者名 : Goh Ohji, Yohei Funakoshi, Kimikazu Yakushijin, Takaji Matsutani, Tomoki Sasaki, Takahiro Kusakabe, Sakuya Matsumoto, Taiji Koyama, Yoshiaki Nagatani, Keiji Kurata

掲載誌 : Frontiers in immunology

論文名 : Analysis of B-cell receptor repertoire to evaluate immunogenicity of monovalent Omicron XBB.1.5 mRNA vaccines.

著者名 : Yohei Funakoshi, Kimikazu Yakushijin, Goh Ohji, Takaji Matsutani, Kazuhiko Doi, Hironori Sakai, Tomoki Sasaki, Takahiro Kusakabe, Sakuya Matsumoto, Yasuyuki Saito

掲載誌 : EJHaem

論文名 : Evaluation of the drug-drug interactions management system for appropriate use of nirmatrelvir/ritonavir: a retrospective observational study.

著者名 : Takeshi Tomida, Takeshi Kimura, Kazuhiro Yamamoto, Atsushi Uda, Yuki Matsumoto, Naoki Tamura, Masashi Iida, Akiko Tanifuji, Kumiko Matsumoto, Naomi Mizuta ...

掲載誌 : Journal of pharmaceutical health care and sciences

論文名 : Emergence of Daptomycin Nonsusceptibility and Treatment Failure in Patients With  
Corynebacterium striatum Bacteremia.

著者名 : Shunkichi Ikegaki, Goh Ohji, Kei Furui Ebisawa, Mitsutaka Tsujimura, Kenichiro Ohnuma,  
Kentaro Iwata

掲載誌 : Open forum infectious diseases

[著書]

特になし

[特許]

発明等の名称 : “学術論文の査読者検索装置、査読者検索方法、及び査読者検索プログラム”

出願者 : 国立大学法人神戸大学, 計算社会科学研究センター

発明者 : 幸若完壮, 上東貴志

出願日 : 2020 年 1 月 31 日

出願番号 : 特願 2020-014904

特許登録日 : 2024 年 4 月 10 日

## 5. 関連活動及び特記事項

### (1) 外部資金等(外部資金名(種目), 代表者名, 研究タイトル, 当該年度の受入金額を記載)

○外部資金名：科学研究費補助金

研究種目：基盤研究 (S)

代表者名：上東貴志

研究課題名：包括的な金融・財政政策のリスクマネジメント：金融危機から国際関係・災害リスクまで

受入金額： 10,610,320 円

○外部資金名：科学研究費補助金

研究種目：基盤研究 (A)

代表者名：Holme Petter

研究課題名：Co-evolution of epidemics, interventions, and behavior in network epidemiology

受入金額： 348,553 円

○外部資金名：科学研究費補助金

研究種目：基盤研究 (B)

代表者名：赤尾健一

研究課題名：国際環境協定の動学ゲーム分析

受入金額： 546,000 円

○外部資金名：寄附金（神戸大学基金）

「神戸大学基金」計算社会科学センター（上東貴志）

受入金額：2,600,000 円

○外部資金名：寄附金

未来世紀都市学研究寄附金（上東貴志）

受入金額：7,010,000 円

○外部資金名：共同型協力研究

代表者名：大路剛

研究題目：細菌の自動培養モニタリングシステム開発（カーブジェン株式会社）

受入金額：650,000 円

- 外部資金名：共同型協力研究  
代表者名：大路剛  
研究題目：16～40歳の健康被験者を対象とした mRNA-164 の評価（モ  
デルナジャパン）  
受入金額：500,000円
  
- 外部資金名：共同型協力研究  
代表者名：大路剛  
研究題目：ASEAN 地域における自動染色機械による微生鼻つ検査（カー  
ブジェン株式会社）  
受入金額：590,000円
  
- 外部資金名：科学研究費補助金  
研究種目：基盤研究（S）  
代表者名：中北英一  
研究課題名：Seeder-Feeder 豪雨機構の最先端フィールド観測と水災害軽減に向けた  
総合研究  
受入金額：520,000円
  
- 外部資金名：科学研究費補助金  
研究種目：挑戦的研究（萌芽）  
代表者名：堀宗朗  
研究課題名：高性能計算利用のための土木系応用力学の解析理論の考案  
受入金額：980,000円
  
- 外部資金名：寄附金  
次世代防災形成奨学寄附金・中央コンサルタンツ（大石哲）  
受入金額：300,000円
  
- 外部資金名：受託型協力研究  
代表者名：大石哲  
研究題目：文科省戦略的イノベーション創造プロジェクト  
受入金額：216,670,000円
  
- 外部資金名：科学研究費補助金  
研究種目：基盤研究（B）  
代表者名：瀬谷創  
研究課題名：東京一極集中の要因の再検証  
受入金額：390,000円

○外部資金名：科学研究費補助金

研究種目：基盤研究（C）

代表者名：岡檀

研究課題名：自殺希少地域における社会規範形成メカニズムの研究—自然実験手法によるアプローチ

受入金額： 30,000 円

○外部資金名：受託型協力研究

代表者名：織田澤利守

研究題目：大学と連携した地域課題の調査研究業務（神戸市）

受入金額：900,000 円

○外部資金名：受託型協力研究

代表者名：織田澤利守

研究題目：坂のまち神戸プロジェクトに係る坂道の点検調査業務（神戸市）

受入金額：1,600,000 円

○外部資金名：科学研究費補助金

研究種目：基盤研究（B）

代表者名：井上芳光

研究課題名：汗腺機能の発達と老化におけるアセチルコリン性交感神経ペプチドの役割解明

受入金額： 100,000 円

○外部資金名：共同型協力研究

代表者名：近藤徳彦

研究題目：ウェルビーイング（ノーリツ）

受入金額：18,000,000 円

## （2）受賞（賞名称、受賞対象、受賞者名、授与機関名、受賞年・月）

兵庫県功労賞（防災功労）

（授与機関名：兵庫県，対象研究テーマ：兵庫県における防災体制の強化）

受賞者名：大石哲

受賞年月：令和6年5月

## （3）研究集会の開催

特になし

(4) その他, 統合研究拠点での研究活動と関連のある特記事項  
特になし

令和6年度 神戸大学統合研究拠点利用状況報告書

1. 研究概要

<p>研 究 テ ー マ</p>	<p>健康・医療ビッグデータと人工知能を活用したデジタルヘルス研究 (Development of digital health platform based on health big data and artificial intelligence)</p>
<p>研究代表者 部局・専攻・氏名</p>	<p>大学院医学研究科 AI・デジタルヘルス科学分野 樽林 陽一</p>
<p>入 居 室 番 号</p>	<p>本館 201・202・203・204号室</p>
<p>外 部 資 金 獲 得 実 績</p>	<p>○奨学寄附金 2件(BIPROGY・シミック) ○事業負担金・委託事業 7件(自治体、企業等) ○共同研究 2件(企業) ○委受託研究 1件(企業)</p>
<p>特許出願件数 1件, 論文発表件数 2件, 著書数 0件</p>	

## 2. 研究チームメンバーとその役割分担

氏 名	所属部局・専攻	役 割 分 担
<u>樽林 陽一</u>	医学研究科 AI・デジタルヘルス科学分野	研究代表者および研究責任者
西村 邦宏	医学研究科 AI・デジタルヘルス科学分野	プロジェクト企画
<u>川井 享代</u>	科学技術イノベーション研究科	データベース管理・倫理関連規制マネジメント
姉崎 久敬	医学研究科 AI・デジタルヘルス科学分野	データ分析統括
<u>宮田 吉晴</u>	医学研究科 AI・デジタルヘルス科学分野	医療機関が保有する健康・医療ビッグデータの2次利用推進にかかる調整等
藤原 彩子	医学研究科 AI・デジタルヘルス科学分野	データ分析

### 3. 研究成果の概要等について

#### 1) ヘルスケアデータ連携基盤の拡張による健康・医療ビッグデータ構築

兵庫県、県内自治体等が行う行政事業との連携により、兵庫県、県内自治体ならびに県内医療機関から健康、医療に関するデータの収集及びそれらを統合しビッグデータ化する情報処理技術の高度化に取り組んだ。健康、医療に関するデータの二次利用推進の取り組みにおいては、健康・医療ビッグデータの分析を行った。具体的には、医療レセプト、介護レセプト及び健康診断記録の連結・匿名化データベース及び急性期病院の診断群分類別包括評価（DPC データ）の連結解析を実施した。

また、神戸大学医学部附属病院をハブとして、県内公立病院のデータ連携ネットワークを構築し、virtual big-hospital 化による個々の病院では達成できない医療ビッグデータの規模拡大及び医療情報の2次利用加速化を図る仕組みづくりを継続した。本事業は、厚労省SBIR（中小企業イノベーション創出推進事業）に採択され（令和5年10月）、日本医師会系次世代医療基盤法認定事業者（一般財団法人日本医師会医療情報管理機構（J-MIMO））との戦略的連携のもと実施している。これまでに、神戸大学医学部附属病院及び県立病院3機関がNW参加を決定し、一部機関のデータ提供が開始されている。データ利活用にあたっては、本研究チームが保有する各種医療データベース連携及びレセプトデータ解析に関わる基盤技術・ノウハウを活用する。

\*令和5年度厚労省SBIR（中小企業イノベーション創出推進事業）採択「リアルワールドデータを活用した疾患ハイリスク者の早期発見 AI システム開発と予防介入における社会実装検証」

#### 2) 健康・医療に関わるリアルワールドデータと AI を活用した新たな予防・先制技術の開発

神戸市ヘルスケアデータ連携システムから提供された65歳以上神戸市民37万人の過去5年分の医療・介護・健診データを個人レベルで連結したビッグデータを用い、要介護リスク個別予測AIの開発を継続している。要介護リスクは個人毎に異なるため、最先端の「解析根拠（説明変数）を明示できるAIを適用して、より精度の高い個別予測モデルの開発を目指している。現時点までに、予測精度約90%の機械学習モデルを開発した。このAUC値は、医療機器の承認水準である0.8を大幅に上回るもので、世界的に見ても優れた性能である。本プロトタイプを令和7年度中に地域自治体による介護予防介入事業に実装する計画である。産業界での利活用については、これまでに、民間企業複数社から兵庫県内外での企業活動における利用の申し入れを受け、その可否について検討中である。本プロトタイプの知財化については、大学承継を前提とした特許出願が知財部により行われた（R6年12月）。

また、これまでの研究開発を通して蓄積してきた情報基盤連携技術及び医療・介護・健診解析技術、関連するノウハウを応用して、地域自治体と連携し、医療・健康分野での行政ビッグデータの解析事業を開始した。

##### ① 兵庫県「疾病別医療受給分析・展開業務」

兵庫県内の医療機関から収集したDPCデータの集計・分析による疾病別医療受給に関する現状把握と医療ニーズの将来推計を実施した。

##### ② 兵庫県「国保世代からはじめる骨折・骨粗鬆症予防事業」

全県 KDB データとモデル市町の検診データを連結解析し、兵庫県における住民の骨密度低下の実態を分析した。また、要介護状態のリスク要因の一つである脆弱性骨折の発生との関連及び兵庫県における将来の骨粗鬆症者数の推計を実施した。

### 3) 倫理的・法的・社会的課題 (ELSI) 対処機能の整備

健康・医療情報の2次利用を推進する際には、個人情報保護法及び次世代医療基盤法等に関連する諸規制に細心の注意を払う必要がある。当研究グループが行う研究では自治体、医療機関等が保有する個人情報の利用が不可避であり、データ2次利用に関わる社会的便益、社会的コスト、意図せざる利用などを予測し、利害調整を含めた倫理的・法的・社会的課題 (ELSI) 対処機能を整備する必要がある。個人情報の取り扱いに習熟した専門教員を配置し、産学官連携による「安全・安心」なデータ駆動型研究開発を可能とする分析環境を整備した。これまでに作成し、運用している個人情報の保管・解析に関わる諸規定について、第三者によるレビューを実施し ELSI 上のリスクを評価し、見直しと改訂を行った。

### 4) 神戸リサーチコンプレックス協議会への参加

同協議会の中核事業の1つである「ヘルスケアデータ Hub 事業」を担当。当講座の活動実績を定期的に産業界へ発信した。

## 4. 論文・著書・特許出願リスト

[論文]

論文 1

論文名：がん患者による電子患者報告アウトカムおよび電子お薬手帳の記録継続率と医師による情報参照率に関する前向き観察研究

著者名：川井享代，廣江葵，宮田吉晴，榊林陽一

掲載誌：癌と化学療法，52巻 3号，PP225-229，2025年

論文 2

論文名：Relationship between Commuting Distance Using Public Transportation and the Risk of SARS-CoV-2 Infection in Healthcare Workers in Japan: A Cross-sectional Study

著者名：Hashimoto R, Teramoto K, Ogata S, Iihara K, Miyata Y, Kurebayashi Y, Nishimura K.

掲載誌：Kobe J. of Med. Sci. 71: E10-18, 2025

[特許]

発明等の名称：健康リスク予測システム、コンピュータ実装方法及びコンピュータプログラム

出願者：国立大学法人神戸大学

発明者：榊林陽一、姉崎久敬、廣江 葵、和泉比佐子、川井享代

出願日：2024年12月27日

出願番号：特願 2024-231818

## 5. 関連活動及び特記事項

### (1) 外部資金等(外部資金名(種目))

- 奨学寄附金 2件(BIPROGY・シミック)
- 事業負担金・委託事業 7件(自治体、企業等。うち1件は厚労省 SBIR (中小企業イノベーション創出推進事業) )
- 共同研究 2件(企業)
- 委受託研究 1件(企業)

### (2) 研究集会の開催

研究集会名：神戸大学医学研究科デジタルイノベーション推進センター第4回シンポジウム

主催団体：神戸大学医学研究科デジタルイノベーション推進センター

開催日：2025年2月21日

場所：神戸大学統合研究拠点 (オンライン)

以上